



**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ ΜΕ ΤΙΤΛΟ:

Παραγωγή dig υλικού βιολογικής προέλευσης από γεωργικά παραπροϊόντα στην περιοχή της Θεσσαλίας, στα πλαίσια των αρχών της τοπικότητας και της κυκλικής οικονομίας, με σκοπό την κατά το δυνατόν αντικατάσταση πλαστικών αντικειμένων καθημερινής χρήσης.

ΣΥΡΟΣ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2021

Συγγραφή ΔΕ Μαρία Γκουντοπούλου5162019005

Επιβλέπων Καθηγητής Νικόλαος Ζαχαρόπουλος

Επιτροπή Παρασκευάς Παπανίκος, Βασίλειος Μουλιανίτης

Δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων ή ιδεών, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά για τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους οικείους μου για την υποστήριξη, τους συμφοιτητές μου για τις ιδέες, τον κ. Ζαχαρόπουλο και τον κ. Μποφυλάτο για τη βοήθεια και την έμπνευση, τη Στέλλα για την προμήθεια των αμυγδάλων.

Πίνακας περιεχομένων

Λίστα εικόνων.....	5
Λίστα πινάκων	6
Λίστα διαγραμμάτων57	7
Εισαγωγή	8
1_Αφροί (πρωτογενή και σύνθετα- δευτερογενή υλικά)	9
2_Αμύγδαλο	11
Παραγωγή αμυγδάλου παγκοσμίως.....	13
Παραγωγή αμυγδάλου στην περιοχή της Θεσσαλίας	13
Μορφολογία κελύφους.....	15
Χημική σύσταση κελύφους	16
3_Κοκκομετρία	17
4_Βασικές Έννοιες – Μέθοδοι προσέγγισης.....	19
Κυκλική οικονομία, cradle to cradle	21
Material driven design.....	22
Design out waste	25
DIY Υλικά.....	26
5_Πειράματα	28
ΠΕΙΡΑΜΑ Α-ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΑΡΧΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	29
ΠΕΙΡΑΜΑ Β-ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ.....	44
Συμπεράσματα - Προτάσεις.....	56
Παράρτημα Α.....	57
Παράρτημα Β.....	65
[λ- PVAC].....	66
[λ-ψκ].....	76
[χ- PVAC].....	85
[μ- PVAC]	95
Βιβλιογραφία	105

Δημοσιεύσεις	105
Διαδικτυακές Πηγές	106

Λίστα εικόνων

Εικόνα 1 Φυσικοί αφροί (α) φελλός, (β) μπάλα, (γ) σφουγγάρι, (δ) κόκκαλο (L. J. Gibson and M. F. Ashby, 1988).....	9
Εικόνα 2 Τεχνητά αφρώδη υλικά (α) honeycomb αλουμίνιου, (β) κλειστού τύπου αφρός πολυαιθυλενίου, (γ) ανοιχτού τύπου αφρός νίκελ, (δ) κλειστού τύπου αφρός γυαλιού (L. J. Gibson)	10
Εικόνα 3 Κλειστό εξωκάρπιο (επάνω), ανοιχτό εξωκάρπιο (μέση), ξυλώδες ενδοκάρπιο και εδώδιμος σπόρος (κάτω)	11
Εικόνα 4 Απεικόνιση καρυδιού και ροδάκινου (δρύπεις) (https://www.haniotika-neia.gr/xerete-ria-ine-ta-frouta-tou-fthinoporou/)	12
Εικόνα 5 (α) Γενική εικόνα κελύφους (β) διατομή κελύφους (γ) πυκνό μέρος του τοιχώματος (δ) «κούφιες» τρύπες στο κέλυφος	15
Εικόνα 6 Διαχείριση και ιεράρχηση αποβλήτων (Simon, 2019).....	19
Εικόνα 7 Butterfly diagram EMF	21
Εικόνα 8 Material Driven Design (MDD) theory diagram	24
Εικόνα 9 Απεικόνιση 5 βασιλείων DIY υλικών.....	26
Εικόνα 10 Κελύφη αμυγδάλων (τέξας, φυρανιά, ισπανικά, τουόνο).....	29
Εικόνα 11 Θρυμματιστής καφέ.....	30
Εικόνα 12 Αυτοσχέδια κόσκινα.....	30
Εικόνα 13 Θρυμματισμένο υλικό (μείωση όγκου)	30
Εικόνα 14 (από αριστερά) Κόσκινο No1 (άνοιγμα 4 χιλ), Κόσκινο No3, άνοιγμα 2 χιλ, Κόσκινο No2, άνοιγμα 3 χιλ	31
Εικόνα 15(α+β) Κοσκίνισμα θρυμματισμένου υλικού	31
Εικόνα 16(α+β) Ογκομέτρηση συγκρατούμενου και διερχόμενου κοσκινισμένου υλικού... ..	31
Εικόνα 17 Συγκολλητικές ουσίες (ψαρόκολλα, κουνελόκολλα, PVAC, κόλλα σιλικόνης).....	32
Εικόνα 18 Δοκίμια σειράς Α (μικτής κοκκομετρίας)	33
Εικόνα 19 Δοκίμια σειράς Β (λεπτής κοκκομετρίας)	33
Εικόνα 20 Μέτρηση θερμοκρασίας & υγρασίας	35
Εικόνα 21(α+β) Ανάμειξη συστατικών και διαμόρφωση δοκιμίου με PVAC.....	35
Εικόνα 22(α+β) Ρευστοποίηση της ψαρόκολλας σε μπεν μαρί.....	36
Εικόνα 23(α+β+γ) Ανάμειξη συστατικών και διαμόρφωση δοκιμίου με ψαρόκολλα.....	36
Εικόνα 24(α+β) Ρευστοποίηση κουνελόκολλας σε μπεν μαρί.....	37
Εικόνα 25 Ανάμειξη υλικών	37
Εικόνα 26 Μέτρηση θερμοκρασίας & υγρασίας	37
Εικόνα 27(α+β) Ανάμειξη και διαμόρφωση δοκιμίου με κόλλα σιλικόνης	38

Λίστα πινάκων

Πίνακας 1 Ετήσια παραγωγή αμυγδάλου	13
Πίνακας 2 Περιεκτικότητες καρπών και λεύκας σε λιγνίνη, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη (Xinyuan, Jetal., 2015)	16
Πίνακας 3 Βάρος δοκιμίων	47
Πίνακας 4 Γεωμετρικά στοιχεία δοκιμίων λ-PVAC	49
Πίνακας 5 Υπολογισμός μέτρου ελαστικότητας και τάσης θραύσης δοκιμίων λ-PVAC	49
Πίνακας 6 Γεωμετρικά στοιχεία δοκιμίων λ-ψκ	50
Πίνακας 7 Υπολογισμός μέτρου ελαστικότητας και τάσης θραύσης δοκιμίων λ-ψκ	50
Πίνακας 8 Γεωμετρικά στοιχεία δοκιμίων χ-PVAC	51
Πίνακας 9 Υπολογισμός μέτρου ελαστικότητας και τάσης θραύσης δοκιμίων χ-PVAC	51
Πίνακας 10 Γεωμετρικά στοιχεία δοκιμίων μ-PVAC.....	52
Πίνακας 11 Υπολογισμός μέτρου ελαστικότητας και τάσης θραύσης δοκιμίων μ-PVAC.....	52
Πίνακας 12 Μέτρο ελαστικότητας και τυπική απόκλιση/ υλικό	53
Πίνακας 13 Τάση και τυπική απόκλιση/ υλικό	54

Λίστα διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1 Απεικόνιση ετήσιας καλλιέργειας σε στρέμματα	14
Διάγραμμα 2 Απεικόνιση ετήσιας παραγωγής αμυγδάλου σε τόνους.....	14
Διάγραμμα 3 Κοκκομετρική διαβάθμιση κελύφων αμυγδάλου για μεικτή και λεπτόκοκκη σύνθεση % κ.ό.	34
Διάγραμμα 4 Κοκκομετρική διαβάθμιση κελύφων αμυγδάλου για μεικτή και λεπτόκοκκη σύνθεση σε ml.....	34
Διάγραμμα 5 Κοκκομετρική διαβάθμιση κελύφων αμυγδάλου για μεικτή σύνθεση % κ.ό..	45
Διάγραμμα 6 Απεικόνιση μέσης τιμής μέτρου ελαστικότητας (Emt) για κάθε σύνθεση-υλικό	53
Διάγραμμα 7 Απεικόνιση μέσης τιμής τάσης θραύσης (σμπ) για κάθε σύνθεση-υλικό	54
Διάγραμμα 8 Απεικόνιση μέγιστης μετατόπισης/ δοκίμιο/ υλικό.....	55

Εισαγωγή

Εφαλτήριο για την παρούσα διπλωματική εργασία ήταν η δημιουργία στα πλαίσια της σχεδίασης για αειφορία και της τοπικότητας ενός diy βιοδιασπώμενου υλικού που ιδανικά θα μπορούσε να αντικαταστήσει ένα πλαστικό υλικό για δεδομένη χρήση. Ως περιοχή τροφοδοσίας επιλέχθηκε η περιοχή της Θεσσαλίας. Αναζητήθηκε ένα υλικό ευρέως διαδεδομένο το οποίο θα επεξεργαζόταν στα πλαίσια του κύκλου ζωής του. Η περιοχή της Θεσσαλίας και συγκεκριμένα η ευρύτερη περιοχή του δήμου Λάρισας είναι μία από τους βασικότερους παραγωγούς αμυγδάλου. Παραπροϊόν της καλλιέργειας αμυγδάλου είναι τα κελύφη τους. Τα κελύφη των αμυγδάλων εξάγονται από τους σπαστήρες και στη συνέχεια μετατρέπονται και αξιοποιούνται ως καύσιμη ύλη με τη μορφή πέλλετ.

Επιχειρείται λοιπόν η προσθήκη ενός ακόμη σταδίου στον κύκλο ζωής του κελύφους μέσω της δημιουργίας ενός diy υλικού στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας και της τοπικότητας. Για τη δημιουργία του νέου αυτού υλικού χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός των μεθόδων Material Driven Design (MDD) και Design Out Waste Method (DWM), Circular Economy (CE), DIY Materials καθώς και στοιχείων από την κατηγοριοποίηση των υλικών και τη θεωρία της κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών.

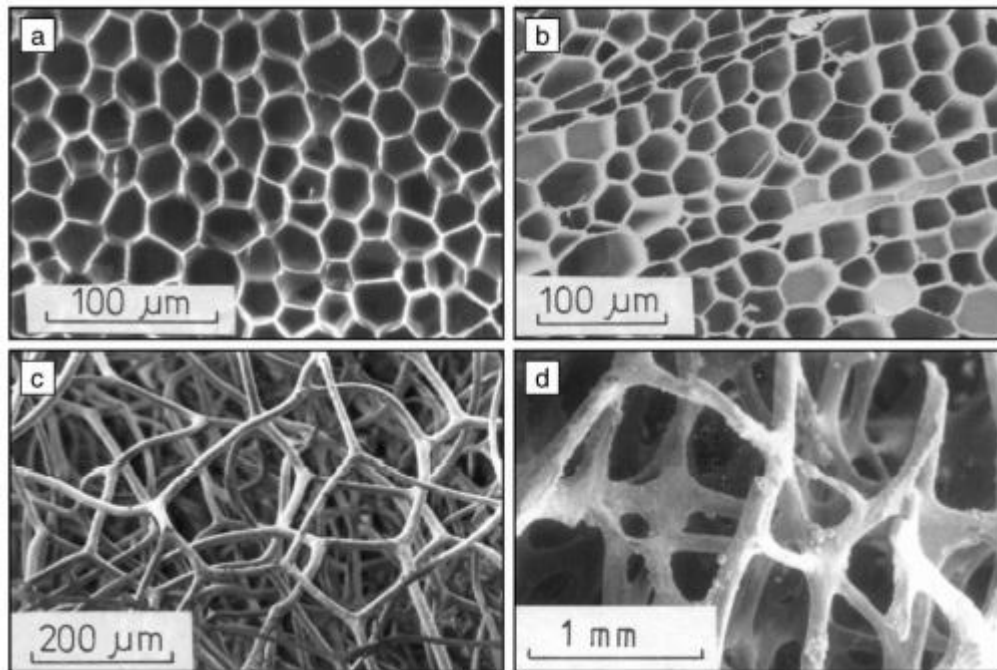
Αρχικά γίνεται μία γενικότερη αναφορά και περιγραφή των ιδιοτήτων των αφρών-κυψελωτών υλικών καθώς και του βασικού υλικού (κέλυφος αμυγδάλου). Στη συνέχεια επιχειρείται μία συνοπτική αναφορά στις μεθόδους και θεωρίες που ενέπνευσαν αυτήν την εργασία. Έπειτα περιγράφεται η διαδικασία παραγωγής του νέου υλικού μέσω αναλυτικών σταδίων και εφαρμογής των σταδίων των μεθόδων που περιγράφονται παραπάνω. Στη συνέχεια μέσω των πειραμάτων προέκυψαν τα δοκίμια του νέου σύνθετου υλικού και εξετάστηκαν τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά του. Απώτερος στόχος είναι η πρόταση για πιθανές χρήσεις του νέου υλικού που θα μπορούσε να αντικαταστήσει ένα ήδη υπάρχον πλαστικό.

1. Εισαγωγή, δομή και στόχοι
2. Αφροί
3. Αμύγδαλο, Παραγωγή αμυγδάλου στην περιοχή της Θεσσαλίας
4. Κοκκομετρία
5. Περιγραφή βασικών εννοιών μεθόδων σχεδίασης
6. Πειράματα
7. Συμπεράσματα - Προτάσεις

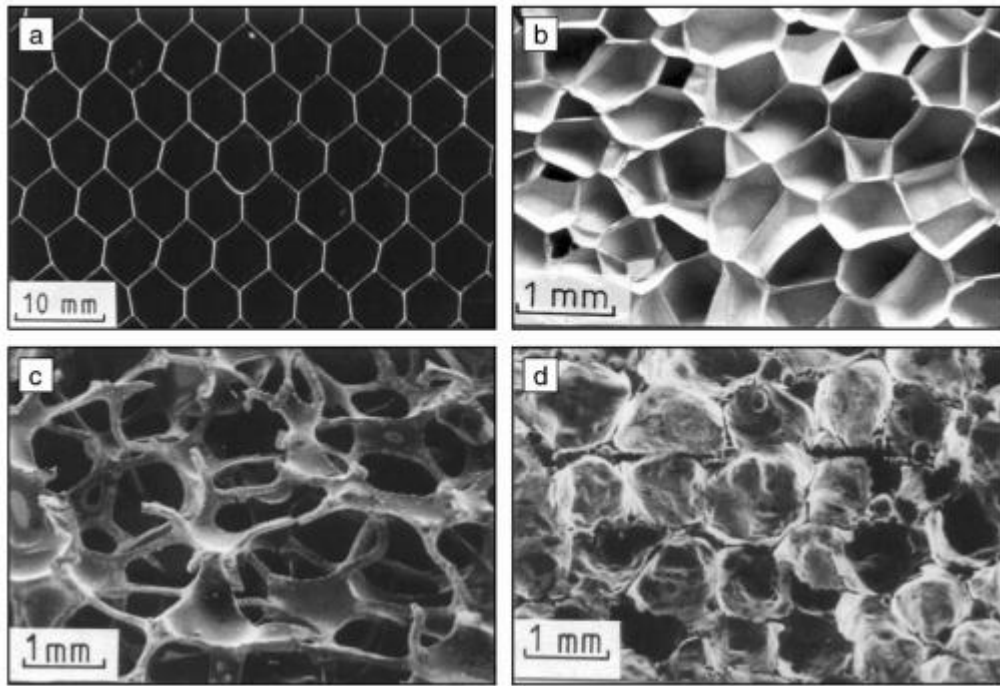
1_Αφροί (πρωτογενή και σύνθετα- δευτερογενή υλικά)

Στο φάσμα των υλικών μία μεγάλη κατηγορία, ευρέως χρησιμοποιούμενη είναι αυτή των αφρών (cellular materials), υλικών δηλαδή που παρουσιάζουν μία κυψελοειδή δομή. Τα υλικά αυτά διαχωρίζονται σε φυσικά και τεχνητά. Παραδείγματα φυσικών υλικών είναι ο φελλός, τα κόκκαλα, το ξύλο, το σφουγγάρι, ενώ στα αντίστοιχα τεχνητά κατατάσσονται τα αφρώδη πολυμερή, κεραμικά, γυαλιά, μέταλλα (L. J. Gibson, 1988).

Η δομή των σύνθετων κυψελωτών υλικών είναι είτε αυτή της κηρήθρας (honeycomb), δηλαδή αποτελείται από συντεταγμένες πρισματικές κυψέλες, είτε αποτελείται από πολύπλευρες ακανόνιστες κυψέλες που σχηματίζουν ένα είδος αφρού. Τα υλικά με τη δομή κηρήθρας σχηματίζονται σε δύο διαστάσεις, ενώ οι αφροί αποτελούνται από επιμέρους τρισδιάστατες κυψέλες.



Εικόνα 1 Φυσικοί αφροί (α) φελλός, (β) μπάλα, (γ) σφουγγάρι, (δ) κόκκαλο (L. J. Gibson and M. F. Ashby, 1988)



Εικόνα 2 Τεχνητά αφρώδη υλικά (a) honeycomb αλουμίνιου, (b) κλειστού τύπου αφρός πολυαιθυλενίου, (c) ανοιχτού τύπου αφρός νίκελ, (d) κλειστού τύπου αφρός γυαλιού (L. J. Gibson)

Τα υλικά αυτά διακρίνονται για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που προκύπτουν από τη δομή τους. Το κυριότερο εξ αυτών είναι η σχετική τους πυκνότητα ρ^*/ρ_s , όπου ρ^* είναι η πυκνότητα του αφρώδους υλικού και ρ_s πυκνότητα του στερεού υλικού (solid material) από το οποίο είναι φτιαγμένος ο αφρός. Το χαμηλό βάρος τους τα καθιστά ιδανικά για κατασκευές τύπου σάντουιτς.

Λόγω των κενών στο εσωτερικό τους μπορούν να απορροφήσουν μεγάλες θλιπτικές δυνάμεις σε περίπτωση σύγκρουσης, γι αυτό και χρησιμοποιούνται ευρέως στην κατασκευή κρανών.

Στην περίπτωση των κλειστού τύπου αφρών μπορούν να αξιοποιηθούν ως θερμομονωτές παγιδεύοντας τη θερμότητα.

Οι ανοιχτού τύπου μεταλλικοί αφροί επιτρέπουν τη ροή αέρα, επομένως τη γρήγορη ψύξη σε μεγάλες επιφάνειες.

2_Αμύγδαλο

Η αμυγδαλιά (*Prunusdulcis*, [syn. Prunusamgdalus](#)) ως είδος αναπτύχθηκε στην περιοχή του Ιράν και τις γύρω περιοχές, αλλά καλλιεργείται κατά κόρον πια σε άλλες χώρες. Το αμύγδαλο είναι ο καρπός της αμυγδαλιάς, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως δρύπη.

Δρύπη ονομάζεται κάθε σαρκώδης αδιάρρηκτος καρπός, ο οποίος έχει υμενώδες εξωκάρπιο, σαρκώδες μεσοκάρπιο και ξυλώδες ενδοκάρπιο. Είναι από τους πιο κοινούς, εδώδιμους καρπούς στη φύση, όπως κεράσια, δαμάσκηνα, βερίκοκα, ροδάκινα, ελιές κ.ά. (<http://votaniki.gr/orologia/drypi/>)



Στην περίπτωση του αμυγδάλου το εξωτερικό περίβλημα ή εξωκάρπιο μαζί με το μεσοκάρπιο δεν είναι σαρκώδες, όπως για παράδειγμα στα βερίκοκα αλλά είναι χοντρό, μοιάζει με δέρμα, είναι γκριζοπράσινο και χνουδωτό



Εντός του υπάρχει ένα δικτυωτό, σκληρό, ξυλώδες κέλυφος, το οποίο ονομάζεται ενδοκάρπιο.

Μέσα στο ενδοκάρπιο βρίσκεται ο εδώδιμος σπόρος, δηλαδή ο ξηρός καρπός του αμυγδάλου (Wikipedia).



Εικόνα 3 Κλειστό εξωκάρπιο (επάνω), ανοιχτό εξωκάρπιο (μέση), ξυλώδες ενδοκάρπιο και εδώδιμος σπόρος (κάτω)



Εικόνα 4 Απεικόνιση καρυδιού και ροδάκινου (δρύπεις) (<https://www.haniotika-nea.gr/xerete-pia-ine-ta-frouta-tou-fthinoporou/>)

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η δομή του καρυδιού (παρόμοια με αυτή του αμύγδαλου) σε σύγκριση με τον καρπό του ροδάκινου.

Παραγωγή αμυγδάλου παγκοσμίως

Το 2018 παρήχθησαν περίπου 3,2 εκατομμύρια τόνοι αμυγδάλου, με κυρίαρχη χώρα τις ΗΠΑ (59%) και πιο συγκεκριμένα την περιοχή της Καλιφόρνια. Ακολουθούν οι Ισπανία, Ιράν Μαρόκο και Τουρκία (Wikipedia)..

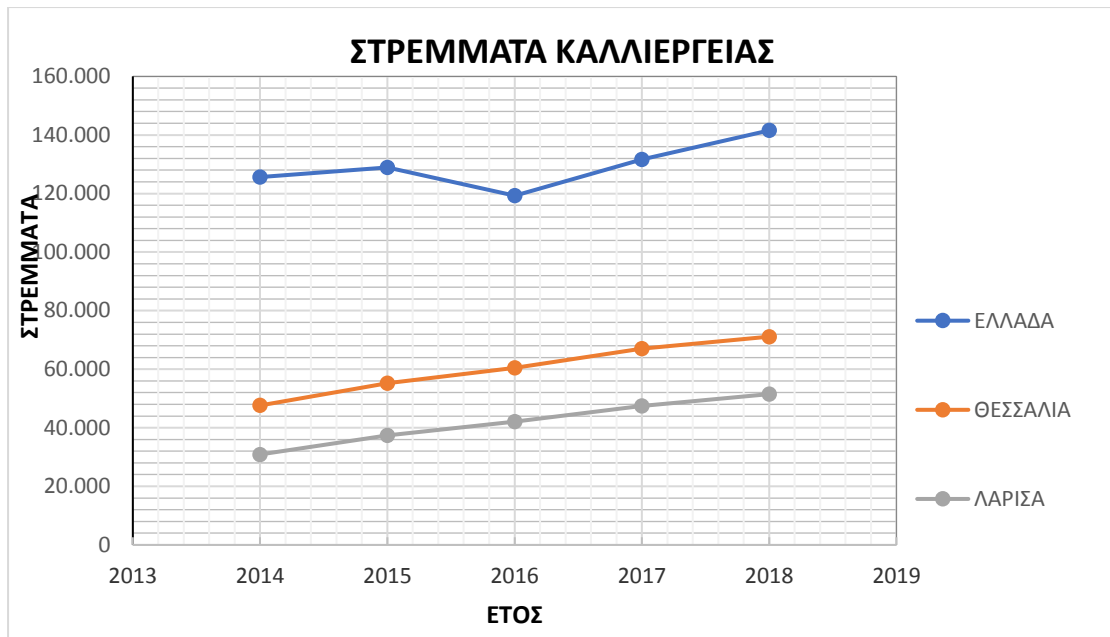
Στην Ελλάδα το 2019 καλλιεργήθηκαν 15.130 εκτάρια (151.300 στρέμματα) και η παραγωγή υπολογίζεται στους 21.950 τόνους (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>).

Παραγωγή αμυγδάλου στην περιοχή της Θεσσαλίας

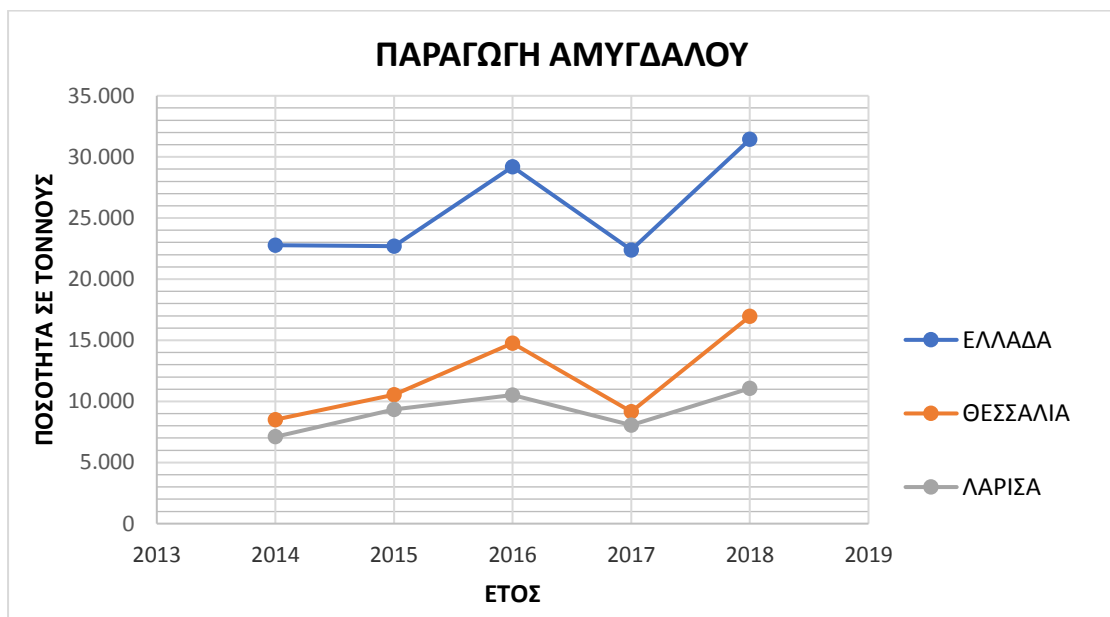
Η παραγωγή στην περιοχή της Θεσσαλίας και πιο συγκεκριμένα στη Λάρισα συγκριτικά με αυτή της Ελλάδας φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα, τα οποία δημιουργήθηκαν με βάση τα επίσημα στατιστικά στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων για τις Δενδρώδεις & Μόνιμες Καλλιέργειες.

Έτος	Συνολο Χώρας		Θεσσαλία		Λάρισα	
	ΕΚΤΑΣΗ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΕΚΤΑΣΗ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΕΚΤΑΣΗ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ
2014	125.640	22.780	47.629	8.508	30.884	7.103
2015	128.872	22.710	55.219	10.549	37.359	9.334
2016	119.274	29.184	60.508	14.775	42.053	10.513
2017	131.696	22.392	67.050	9.170	47.413	8.057
2018	141.555	31.438	71.116	16.955	51.490	11.068

Πίνακας 1 Ετήσια παραγωγή αμυγδάλου



Διάγραμμα 1 Απεικόνιση ετήσιας καλλιέργειας σε στρέμματα



Διάγραμμα 2 Απεικόνιση ετήσιας παραγωγής αμυγδάλου σε τόνους

Από τα στοιχεία προκύπτει πως όσο αφορά στην έκταση της καλλιέργειας αμυγδάλου η Θεσσαλία καλύπτει το 38% περίπου της εγχώριας καλλιέργειας και η Λάρισα συγκεκριμένα το 24,5%. Σε επίπεδο παραγωγής, η περιοχή της Θεσσαλίας καλύπτει το 37%, ενώ μόνο η Λάρισα το 31% (<http://www.minagric.gr/index.php/el/pinakas-3-dendrodeis-monimes-kalliergeies/>).

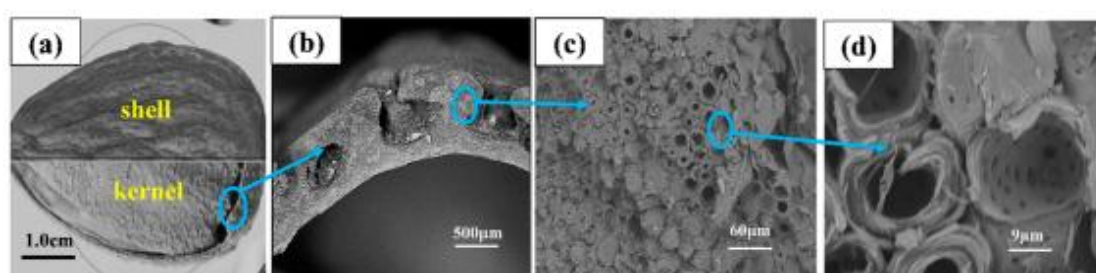
Επομένως, η περιοχή της Λάρισας καλύπτοντας ουσιαστικά το 1/3 της εγχώριας παραγωγής θεωρείται κατάλληλη πηγή πρώτης ύλης για την εφαρμογή μίας νέας μεθόδου αξιοποίησης του υπό εξέταση παραπροϊόντος.

Τα απόβλητα της παραγωγής καρπών γενικότερα, συμπεριλαμβανομένων και αυτών των αμυγδάλων, συνήθως απορρίπτονται απευθείας ή καίγονται, γεγονός που δρα επιβαρυντικά στο περιβάλλον. Για το λόγο αυτό η έρευνα έχει στραφεί στην αξιοποίηση αυτών των παραπροϊόντων. Τα κελύφη των αμυγδάλων αντιστοιχούν στο 35-75% του συνολικού βάρους του καρπού (Ebringerová et al., 2007).

Μέχρι τώρα έχουν προταθεί κάποιες εναλλακτικές χρήσεις που αξιοποιούν τα χημικά, φυσικά ή μηχανικά χαρακτηριστικά του κελύφους. Η πιο κοντινή προσέγγιση στο πείραμα που παρουσιάζεται παρακάτω είναι αυτή του Lashgari (Lashgari et al., 2013), που μελετάει την επίδραση μεταξύ άλλων της σκόνης από τα κελύφη αμυγδάλων στην αντοχή και τις ιδιότητες των σύνθετων υλικών πολυπροπυλενίου, μέσω της χρήσης τους ως ενισχυτικό υλικό στα FRP υλικά (Lashgari et al., 2013).

Μορφολογία κελύφους

Το κέλυφος του αμυγδαλού παρουσιάζει μία σύνθετη πορώδη δομή. Οι μεγάλες τρύπες έχουν διάμετρο 300-500 μm (b), ενώ η περιοχή που τις περιβάλλει είναι σχετικά πυκνή, ωστόσο όμως είναι και αυτή πορώδης, φαίνεται σα να αποτελείται από μικρές πολύ συμπυκνωμένες μεταξύ τους «κούφιες» σφαίρες διαμέτρου 40-60 μm (c). Το πάχος του τοιχώματος αυτών των σφαιριδίων κυμαίνεται από 20-40 μm . Με περαιτέρω μικροσκοπική ανάλυση του τοιχώματος των σφαιρών προκύπτει ότι και αυτό διαθέτει πολύ μικρές τρύπες και στρώσεις (d). Όλη αυτή η πορώδης, πολυεπίπεδη δομή του κελύφους το καθιστά πολύ ελαφρύ και εύκολο στο να ενσωματωθεί σε κάποια σύνθεση (Xuemin Li, 2018).



Εικόνα 5 (a) Γενική εικόνα κελύφους (b) διατομή κελύφους (c) πυκνό μέρος του τοιχώματος (d) «κούφιες» τρύπες στο κέλυφος

Χημική σύσταση κελύφους

Ως προς τη χημική του σύσταση, το αμύγδαλο φαίνεται να υπερτερεί έναντι των υπόλοιπων καρπών (πλὴν του φυστικιού). Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 2, η περιεκτικότητα σε **κυτταρίνη** στο κέλυφος του αμυγδάλου φτάνει το 38.47%, μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή της καρύδας, του κάστανου και του καρυδιού και λίγο μικρότερη από αυτή της λεύκας (44.12%). Από αυτή τη σύγκριση συμπεραίνουμε πως ένα σύνθετο υλικό με κελύφη αμυγδάλου, θα παρουσιάζει καλύτερες μηχανικές ιδιότητες συγκρινόμενο με τους υπόλοιπους καρπούς.

Sample	Cellulose	Hemicellulose	Lignin
Almond shells	38.47 ± 0.39	28.82 ± 0.25	29.54 ± 0.11
Poplar	44.12 ± 0.23	30.21 ± 0.11	21.24 ± 0.31
Coconut shells	34.12 ± 0.20	22.36 ± 1.47	28.04 ± 0.57
Walnut shells	36.38 ± 0.05	27.85 ± 0.31	43.70 ± 0.57
Chestnut shells	21.47 ± 0.27	16.28 ± 0.35	36.58 ± 0.26
Pistachio shells	43.08 ± 0.19	25.30 ± 0.46	16.33 ± 0.41

Πίνακας 2 Περιεκτικότητες καρπών και λεύκας σε λιγνίνη, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη (Xinyuan, Jetal., 2015)

Η **λιγνίνη** είναι, μετά την κυτταρίνη, ένα από τα σπουδαιότερα και πιο άφθονα συστατικά της φυτικής βιομάζας, είναι μία άμορφη, έντονα υδρόφοβη ουσία αδιάλυτη στο νερό και συναντάται πάντα σε συνδυασμό με την κυτταρίνη και την ημικυτταρίνη (https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1724/1/02_chapter_04.pdf)

Η λιγνίνη μαζί με τις ημικυτταρίνες αποτελεί το υλικό μέσα στο οποίο είναι εμβυθισμένα τα μικροϊνίδια της κυτταρίνης με τρόπο ώστε το σύμπλοκο κυτταρίνη-λιγνίνη-ημικυτταρίνες να σχηματίζει ένα ισχυρό μηχανικά υλικό (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ιωάννης Φιλίππου. «Χημεία και Χημικά Προϊόντα Ξύλου. Λιγνίνη». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.), όπου η κυτταρίνη προσδίνει υψηλή αντοχή σε αξονικό εφελκυσμό ενώ οι ημικυτταρίνες και η λιγνίνη προσδίνουν αντοχή σε κάμψη, θλίψη και κρούση. (<https://opencourses.auth.gr/modules/document/>)

Το ποσοστό περιεκτικότητας σε λιγνίνη στα κελύφη αμυγδάλου αγγίζει το 29.54%, μεγαλύτερο από το αντίστοιχο της λεύκας (21.24%). Η ύπαρξη λιγνίνης μπορεί να ευνοεί τη βελτίωση της συμβατότητας με θερμοπλαστικά υλικά, και εμποδίζει τη διάδοση φλόγας.

Η **ημικυτταρίνη** μαζί με την κυτταρίνη και τη λιγνίνη συγκροτούν τα κυτταρικά τοιχώματα των ξύλινων ιστών.

Συνήθως έχει μια πολύπλοκη δομή που περιλαμβάνει πάνω από έναν τύπο πολυσακχαριτών και η οποία ευνοεί τις μετατροπές (<https://wenku.baidu.com/view/ee830fe9524de518964b7d61>).

3_Κοκκομετρία

Αρχική έμπνευση για τον τρόπο δημιουργίας των δοκιμών αποτέλεσαν τα μίγματα σκυροδέματος. Το σκυρόδεμα στη βασική του μορφή είναι ένα σύνθετο υλικό (κονίαμα) που αποτελείται από τσιμέντο, αδρανή και νερό. Το τσιμέντο αναμεμιγμένο με άμμο και νερό δρα ως συγκολλητική ουσία (τσιμεντοκονία). Σε αντιπαραβολή με το σκυρόδεμα, στα πειράματα η μήτρα που επιλέγεται κάθε φορά θα παίζει το ρόλο του τσιμεντοκονιάματος, ενώ τα θρυμματισμένα κελύφη αμυγδάλου αυτόν των αδρανών.

Τα αδρανή ονομάστηκαν έτσι καθώς κατά την ανάμιξή τους με συγκολλητικά υλικά (κονίες), όπως εν προκειμένω τσιμέντο, ή το νερό, δεν συμμετέχουν ενεργά στις διαδικασίες πήξης και σκλήρυνσης

<https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php/GT128/%CE%91%CE%B4%CF%81%CE%B1%CE%BD%CE%AE%20%CE%A5%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AC.pdf>

Είναι κοκκώδη υλικά που παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες του σκυροδέματος, καθώς καταλαμβάνουν συνήθως άνω του 60% του όγκου του μίγματος.

Κατά την παρασκευή σκυροδέματος, το τσιμεντοκονίαμα καταλαμβάνει τα κενά και συνδέει τους κόκκους του αδρανούς μεταξύ τους. Τα λεπτόκοκκα αδρανή πληρούν κενά μεταξύ χονδρόκοκκων, ελαττώνοντας τον όγκο κενών και αυξάνοντας την εργασιμότητα του μίγματος. Η κοκκομετρία των αδρανών επηρεάζει σημαντικά την τελική συμπεριφορά του κονιάματος ως προς τις προσλαμβανόμενες μηχανικές αντοχές και την μικροδομή του <https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/33308>.

Επειδή η αντοχή της συνδετικής ύλης είναι μικρότερη από την αντοχή των κόκκων του αδρανούς ενώ παράλληλα το κόστος της είναι πολύ μεγαλύτερο, επιδιώκεται, σε γενικές γραμμές η ελάττωση του όγκου των κενών, δηλαδή η αύξηση της πυκνότητας του αδρανούς. η ποιότητα των σκυροδεμάτων εξαρτάται περισσότερο από την πυκνότητα των αδρανών (άμμος και χαλίκια) παρά από την ποιότητα και αντοχή των κόκκων αυτών

Ο διαχωρισμός των κόκκων γίνεται με κόσκινα, ακολουθώντας μία συγκεκριμένη διαδικασία και ξεκινώντας από αυτό με τις μεγαλύτερης διαμέτρου τρύπες. Μετά το κοσκίνισμα, ζυγίζεται το υλικό που παραμένει σε κάθε κόσκινο, ανάγεται σε % αναλογία του αρχικού βάρους ή υπολογίζεται το % βάρος του υλικού που διέρχεται από κάθε κόσκινο <https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CHEMENG114/Cement%20and%20Concrete.pdf>

Οι ιδιότητες των αδρανών εξαρτώνται από ιδιότητες μητρικού πετρώματος (πυκνότητα, υγρασία, καθαρότητα, μηχανικές ιδιότητες, διαβάθμιση, μορφή).

Οι μηχανικές Ιδιότητες εξαρτώνται από το πορώδες, και είναι, για τα συνηθισμένα αδρανή, σαφώς ανώτερες από τις αντίστοιχες του σκυροδέματος.

Επίδραση Αδρανών στο Σκυρόδεμα

Αύξηση του μέγιστου κόκκου αδρανών οδηγεί σε μείωση της αντοχής του μίγματος.

Για ίδια περιεκτικότητα τσιμέντου/ εργασιμότητα, τα σκυροδέματα με μεγάλα αδρανή έχουν μειωμένες απαιτήσεις σε νερό.

Κοκκομετρική Διαβάθμιση

- Καλά διαβαθμισμένα αδρανή (διαστάσεις κόκκων που καλύπτουν ολόκληρο το φάσμα) παρουσιάζουν λίγα κενά μεταξύ τους απαιτούν μικρή ποσότητα τσιμεντοπολτού,
- μείωση κόστους και αύξηση ογκοσταθερότητας σκυροδέματος.
- Στο σκυρόδεμα, αυτό που παίζει σημαντικό ρόλο δεν είναι το μέγεθος των κόκκων, αλλά το ποσοστό κάθε κατηγορίας μεγέθους κόκκων που περιέχεται στη συνολική ποσότητα

(<https://docplayer.gr/40544065-Kokkometriki-diavathmisi-adranon.html>)

4_Βασικές Έννοιες – Μέθοδοι προσέγγισης

Η σχεδίαση με γνώμονα την αειφορία προϋποθέτει την ανάδυση αυτής μέσω της διαδικασίας και των προϊόντων που θα προκύψουν. Απώτερος στόχος είναι η προσέγγιση να εναρμονίζεται με τις φυσικές διεργασίες και να συμβάλει στη βελτίωση και την ομαλή μετάβαση, όχι απλά να κάνει το λιγότερο κακό. Ένας από τους βασικούς άξονες της σχεδίασης για αειφορία είναι η έννοια της τοπικότητας, δηλαδή η αναγνώριση, μελέτη και αξιοποίηση των τοπικών πόρων στην περιοχή-πηγή τους, ώστε να μη διαταράσσεται ο κύκλος ζωής τους αφενός και αφετέρου να επωφελείται η τοπική οικονομία και η κοινότητα κατ' επέκταση.

Στα πλαίσια της γενικότερης τάσης των τελευταίων ετών ως προς τη στροφή προς μία πιο βιώσιμη ανάπτυξη, η ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των απορριμμάτων είναι θεμιτός στόχος. Η διεύρυνση του κύκλου ζωής των προϊόντων και η επανάχρησή τους είναι ζητούμενο.

Σύμφωνα με το Τμήμα Στατιστικής των Ηνωμένων Εθνών (UNSD), ως απόβλητα ορίζονται όλα τα υλικά που δεν αποτελούν βασικά προϊόντα προς εμπόριο και τα οποία είναι πλέον ανεπιθύμητα και μη χρησιμοποιήσιμα υλικά και θεωρούνται ως ουσία που δεν έχει καμία χρησιμότητα για τον παραγωγό, όσον αφορά την παραγωγή, τη μετατροπή ή την κατανάλωσή τους. Τα απόβλητα δημιουργούνται από όλες τις μορφές ζωής (Παππά Ιφ., 2020)



Εικόνα 6 Διαχείριση και ιεράρχηση αποβλήτων (Simon, 2019)

Μία από τις θεωρίες που επικεντρώνονται σε αυτό το σκοπό, δηλαδή τη σχεδίαση με σκοπό την ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων και της επακόλουθης μόλυνσης, μέσω της διεύρυνσης του κύκλου ζωής των προϊόντων και δημιουργώντας εκ νέου φυσικά συστήματα, είναι αυτή της κυκλικής οικονομίας.

Μία από τις πιο επουσιώδεις αλλαγές στην κατεύθυνση της ενίσχυσης της βιοποικιλότητας και την επιβράδυνση της κλιματικής αλλαγής είναι η αλλαγή του τρόπου λειτουργίας της βιομηχανίας τροφίμων. Η εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας στον τομέα των τροφίμων στοχεύει μιμούμενη τα φυσικά συστήματα στην αξιοποίηση των απορριμμάτων τροφίμων ως βασική πηγή λειτουργίας ενός άλλου συστήματος στην αλυσίδα του οικοσυστήματος. Έτσι, τα παραπροϊόντα της βιομηχανίας τροφίμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λίπασμα, ως συστατικά νέων προϊόντων τροφίμων, ρούχων, παπουτσιών κλπ, ως πηγή ενέργειας, κα.

Αυτή τη στιγμή η παραγωγή τροφίμων είναι άμεσα συνδεδεμένη με την παγκοσμιοποίηση, την αστικοποίηση και την οικονομική ανάπτυξη, με αποτέλεσμα να παράγονται ποσότητες που υπερβαίνουν τις φυσικές δυνατότητες του περιβάλλοντος στις περιοχές παραγωγής τους και ταυτόχρονα αυξάνουν την κατανάλωση ενέργειας αλλά και τον όγκο των αποβλήτων. Η έννοια της τοπικότητας στην παραγωγή, η προώθηση υγιεινότερων προϊόντων και η καλύτερη δυνατή αξιοποίηση του συνόλου των τροφίμων, είναι τρεις βασικοί πυλώνες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τον τρόπο λειτουργίας της παγκόσμιας βιομηχανίας τροφίμων.

Η δημιουργία μιας τέτοιας συστημικής αλλαγής θα απαιτήσει επενδύσεις τόσο χρόνου όσο και χρηματοδότησης, αλλά χωρίς κανένα από αυτά, τα γεωργικά μας συστήματα βρίσκονται σε τροχιά να υποφέρουν μακροπρόθεσμα, κάτι που θα επηρεάσει όλους μας [\(<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/food-cities-the-circular-economy>\)](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/food-cities-the-circular-economy)

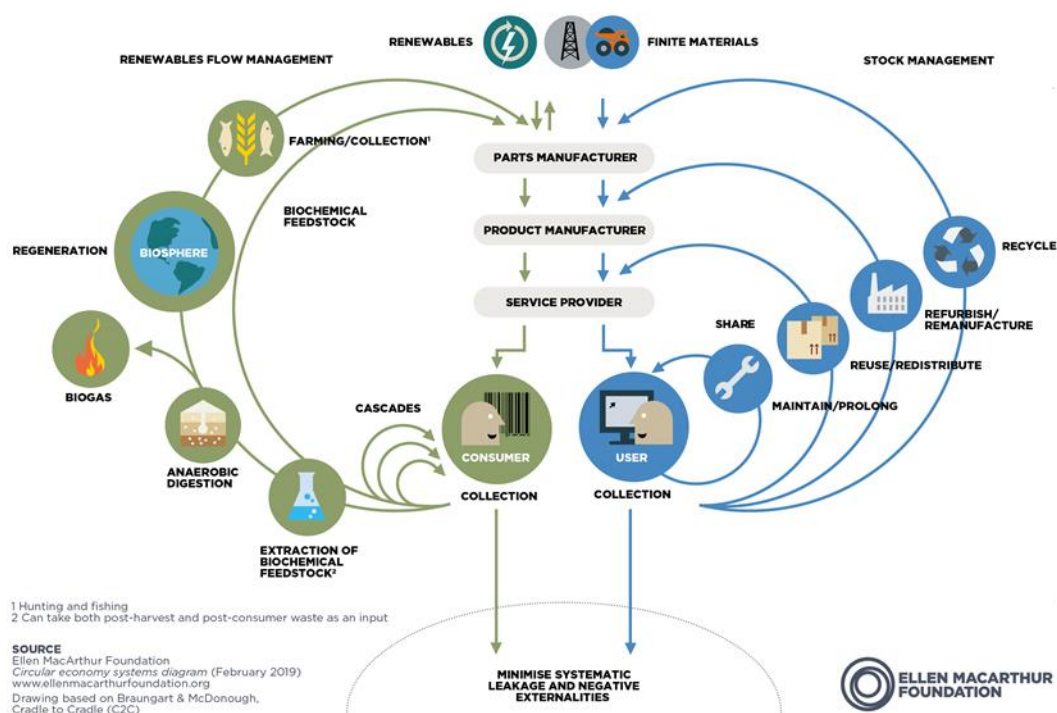
Κυκλική οικονομία, cradle to cradle

Σύμφωνα με τη θεωρία της κυκλικής οικονομίας, τα υλικά υπόκεινται σε δύο διακριτούς κύκλους, τον βιολογικό και τον τεχνικό κύκλο. Στην πρώτη περίπτωση τα φυσικά προϊόντα καταναλώνονται και απορρίπτονται στο περιβάλλον, όπου μέσω της κομποστοποίησης και της αναερόβιας ζύμωσης παίρνουν τη μορφή χύματος.

Στη δεύτερη περίπτωση, η λογική της κυκλικής οικονομίας συνοψίζεται στην «αναβίωση» των προϊόντων, τμημάτων τους και των υλικών που τα αποτελούν μέσω της επανάχρησης, επιδιόρθωσης, ανακατασκευής ή -στο τελικό στάδιο- ανακύκλωσης

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>

Σύμφωνα με τη φιλοσοφία της κυκλικής οικονομίας, προτείνεται η αλλαγή στη θεώρηση της ζωής ενός υλικού από γραμμική σε κυκλική ,(Korhonen et al., 2018)ο κύκλος ζωής των υλικών επεκτείνεται μέσω της επανάχρησής τους μέσω της ανακύκλωσης. Βασίζεται ως επί το πλείστον στην αξιοποίηση των απορριμμάτων, ιδανικά σε τοπικό επίπεδο προκειμένου να μειωθούν και τα έξοδα μεταφοράς (Sprecht et al. 2014),το οποίο σε συνδυασμό με την διγμέθοδο οδηγούν στη δημιουργία νέων υλικών.



Εικόνα 7 Butterfly diagram EMF

Material driven design

Πρόκειται για μία μέθοδο σχεδιασμού που βασίζεται στο υλικό, απορρέει/ επηρεάζεται από αυτό και τις ιδιότητές του και αποσκοπεί στη σχεδίαση που θα ικανοποιήσει τις αισθήσεις του χρήστη λόγω και μέσω του υλικού που χρησιμοποιήθηκε. Η μέθοδος προτάθηκε για πρώτη φορά από τους E. Karana, et al. το 2015 και η καινοτομία της είναι ότι δίνεται έμφαση στην «εμπειρία-αίσθηση» των υλικών. Ήρθε να καλύψει το κενό του πώς να σχεδιάσεις **με** και ταυτόχρονα **για** το υλικό, με απώτερο στόχο την παρατήρηση και καταγραφή των συναισθημάτων και συνειρμών που θα προκαλέσει το νέο υλικό. Τα υλικά παρόλαυτα δεν παύουν να αποτελούν μέρος ενός προϊόντος επομένως πρέπει να είναι και λειτουργικά και να ικανοποιούν ταυτόχρονα τις αισθήσεις των χρηστών (Hassenzahl, 2010).

Ιδανικά ένα νέο υλικό κατά τη χρήση του θα πρέπει να αξιοποιεί όλα εκείνα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του που το κάνουν να ξεχωρίζει και ταυτόχρονα να προκαλεί στους χρήστες ευχάριστα συναισθήματα και θετικούς συνειρμούς και τελικά να χαίρει θετικής ανταπόκρισης, το οποίο με τη σειρά του θα οδηγήσει και στην εμπορική του επιτυχία, που πολλές φορές είναι το ζητούμενο (Ashby&Johnson, 2009; Karana et al. 2014;)

Η μέθοδος του σχεδιασμού με βάση το υλικό (MDD) βασίζεται στις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Σε κάθε σχεδιαστική προσέγγιση θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πώς αναμένεται να συμπεριφερθεί το υλικό και πώς θα επηρεάσει την εμπειρία του χρήστη (Karana et al., 2008)
- Ο σχεδιαστής θα πρέπει να έχει αποκτήσει βαθιά γνώση του υλικού και των ιδιοτήτων του μέσω πειραματισμών και αξιολόγησης.
- η μεθοδολογία σχεδιασμού με βάση το υλικό προσομοιάζει αυτή του σχεδιασμού προϊόντων (προσδιορισμός ανάγκης/ προβλήματος, έρευνα, brief, δημιουργία concepts, λεπτομερειακός σχεδιασμός)
- Στην περίπτωση ωστόσο που το ζητούμενο είναι η καταγραφή της γενικότερης εμπειρίας χρήσης του νέου υλικού, η προσέγγιση είναι πιο αφαιρετική και ολιστική (Desmet et al., 2011).

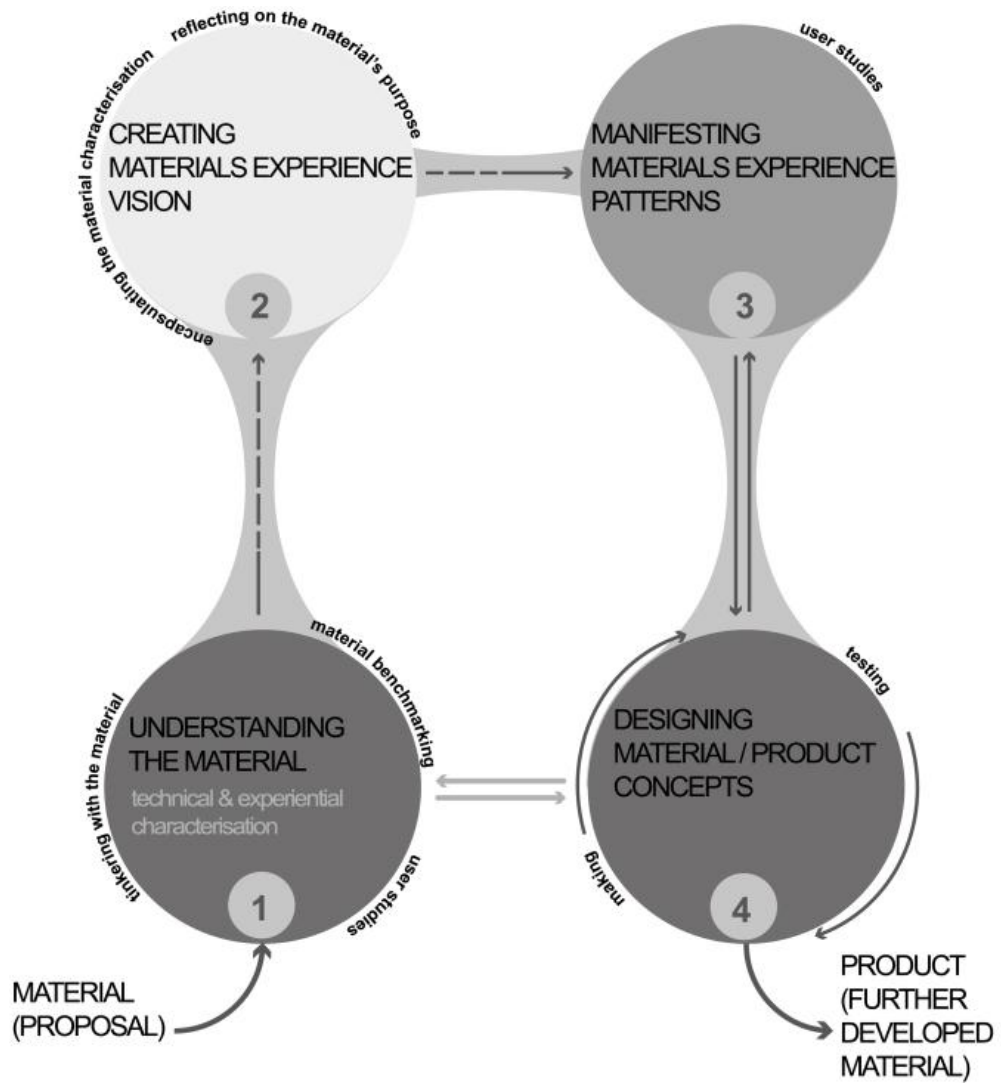
Η βασική φιλοσοφία της μεθόδου είναι η, ανεξάρτητα από το αποτέλεσμα, βιωματική εμπειρία σε τέσσερα επίπεδα: το αισθητικό, το ερμηνευτικό, το συναισθηματικό και το επίπεδο χρήσης ("*...four levels of materials experience as: sensorial, interpretative (meanings), affective (emotions), and performative*", Giaccardi and Karana, 2015).

Στο τέλος αυτής της διαδικασίας ο σχεδιαστής θεωρητικά έχει πλήρη γνώση της συμπεριφοράς του υλικού κάτω από διάφορες συνθήκες και πώς αυτό αντιδρά σε συγκεκριμένες τεχνικές ή κατεργασίες.

Οι μελετητές της εν λόγω μεθόδου διαχωρίζουν το σχεδιασμό σε τρεις βασικές κατηγορίες με βάση την μέχρι τώρα χρήση του υλικού:

Στην πρώτη κατηγορία το υλικό είναι ευρέως διαδεδομένο και επιδιώκεται μία νέα εφαρμογή του που θα προκαλέσει νέα γκάμα εμπειριών, στη δεύτερη το υλικό είναι σχετικά άγνωστο, ενώ στην Τρίτη το ίδιο το υλικό αποτελεί την πρόταση καθώς δεν είναι πλήρως ορισμένο και συγκεκριμένα δομημένο.

Η μέθοδος, όπως αναφέρθηκε παραπάνω ακολουθεί σε ένα βαθμό τα κλασσικά βήματα σχεδιασμού προϊόντων. Απαρτίζεται από τέσσερα βήματα. Αρχικά επιλέγεται ένα υλικό το οποίο χαρακτηρίζεται με βάση τις κατηγορίες που αναφέρθηκαν προηγουμένως (διαδεδομένο, σχετικά άγνωστο, νέο υλικό), στη συνέχεια γίνονται πειραματισμοί που αποσκοπούν στην απόκτηση γνώσεων για το υλικό μέσω της εμπειρίας χρήσης, προτείνονται μοντέλα χρήσης του υλικού και τελικά προκύπτει ο σχεδιασμός ενός νέου υλικού ή προϊόντος (εικόνα 7)



Εικόνα8 Material Driven Design (MDD) theory diagram

Design out waste

Η μέθοδος **Design out waste** (Kottaridou, Bofylatos, 2019) έρχεται να συνδυάσει τους κανόνες της κυκλικής οικονομίας με τη φιλοσοφία του MDD. Η Κυκλική Οικονομία αποτελεί μία κατεξοχήν βιομηχανική-πρακτική προσέγγιση στη διαχείριση των απορριμμάτων και εκφράζεται μέσω του Butterfly Diagram (EMF), ενώ η σχεδίαση με βάση το υλικό (MDD) επιδιώκει τη διαφορετική θεώρηση της ύλης μέσω της σχεδίασης υλικών ή/και προϊόντων.

Το Butterfly Diagram απεικονίζει τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, μέσω του κύκλου ζωής των επιμέρους βιολογικών και τεχνολογικών συστατικών του.

Το διάγραμμα του MDD απεικονίζει την πορεία αξιολόγησης ενός υλικού, ήδη γνωστού ή άγνωστου, μέσω της εμπειρίας χρήσης, της ουσιαστικής ενασχόλησης με αυτό και των αντιδράσεων που προκαλεί στο χρήστη σε επίπεδο αισθήσεων, νοήματος, συναισθημάτων και χρήσης. Πρόκειται δηλαδή για τον αντίθετο πόλο του Butterfly Diagram. Η προσέγγιση είναι πιο φιλοσοφική και στοχαστική, ενώ υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των σταδίων, ένας συνδυασμός της κυκλικότητας στις γραμμικές σχέσεις των σταδίων, χωρίς αυστηρά πλαίσια.

Τα βήματα αυτής της μεθόδου είναι τα εξής:

1. Αξιολόγηση των απορριμμάτων
2. Αποσυναρμολόγηση των απορριμμάτων στα επιμέρους στοιχεία/ μέρη τους, όπου αυτό απαιτείται
3. Ταξινόμηση των υλικών, με βάση τα 5 βασίλεια των υλικών
4. Περιγραφή των τρόπων αξιοποίησης των υλικών
5. Κατανόηση του υλικού (αντικειμενικές και υποκειμενικές ιδιότητες του υλικού)
6. Δημιουργία υλικού **DIY**
7. Φάκελος υλικού/ Database
8. Concepts προϊόντων

Διαδικασία σχεδιασμού:

- Καθορισμός της ανάγκης/ προβλήματος - Καθορισμός στόχου – brief. Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία επιχειρείται αρχικά η δημιουργία ενός κατά προτίμηση βιοδιασπώμενου υλικού.
- Η δημιουργία concept,
- Η ενσωμάτωση του υλικού στο project
- Ο λεπτομερειακός σχεδιασμός (Cross, 2008).

DIY Υλικά

Τα DIY υλικά βασίζονται στη φιλοσοφία του DIY κινήματος. Η φιλοσοφία των DIY υλικών βασίζεται στον πειραματισμό με την πρώτη ύλη για την παρασκευή υλικών για διάφορες χρήσεις ή και κατασκευές κατ' επέκταση. Η DIY προσέγγιση αφορά την παραγωγή χρησιμοποιώντας απλές μεθόδους παραγωγής, προσιτά και φθηνά εργαλεία, κάτι που θα μπορούσε να έχει εφαρμογή στην αξιοποίηση των αποβλήτων και στη λογική της κυκλικής οικονομίας (Rognoli et al., 2015, Altamirano, 2020) Μπορούν είτε να είναι εξολοκλήρου νέα υλικά, είτε τροποποιημένα είτε εξελιγμένες εκδοχές ήδη υπάρχοντων υλικών (Rognoli et al., 2015)

Σύμφωνα με τον Σουηδό βοτανολόγο, ζωολόγο και φυσικό του 17^{ου} αιώνα Carolus Linnaeus τα στοιχεία της φύσης χωρίζονται και μπορούν να καταταχθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες με βάση τα κοινά χαρακτηριστικά τους:

- στα φυτικά,
- τα ζωικά και
- τα ορυκτά.

Βασιζόμενοι σε αυτή την πρωταρχική ταξινόμηση οι Garcia, Karana, Rognoli πρότειναν την περαιτέρω ταξινόμηση των υλικών σε πέντε κατηγορίες-βασίλεια, που σε ελεύθερη μετάφραση θα τα ονομάζαμε

- το φυτικό, τα
- ο ζωικό,
- των ορυκτών,
- της επανάχρησης-ανακύκλωσης και
- των προϊόντων τεχνολογίας με βάση την προέλευση των επιμέρους υλικών από τα οποία συντίθενται.



Εικόνα 9 Απεικόνιση 5 βασιλείων DIY υλικών

Αναλυτικότερα:

- 1 **Φυτικό βασίλειο:** Η βασική πηγή-υλικό κατασκευής του diy υλικού είναι φυτικής προέλευσης.



- 2 **Ζωικό βασίλειο:** Πηγή προέλευσης αποτελούν τα ζώα και τα βακτήρια



- 3 **Βασίλειο των ορυκτών:** Τα υλικά που χρησιμοποιούνται προέρχονται από πετρώματα, άμμο, άργιλο, κεραμικά υλικά



- 4 **Βασίλειο της επανάχρησης ή ανακύκλωσης:** Εδώ ανήκουν τα περισσότερα ίσως σύγχρονα υλικά, όλα όσα θεωρούνται απόβλητα ωστόσο μπορούν να απομονωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενός νέου υλικού. Αφορά πλαστικά, μέταλλα, οργανικά απόβλητα και γενικότερα απόβλητα βιομηχανικών και όχι μόνο προϊόντων.



- 5 **Τεχνολογικό βασίλειο:** Εδώ συγκαταλέγονται τα υλικά που προέρχονται από τη χρήση διαφόρων τεχνολογιών-υβρίδια



5_Πειράματα

Η γενική ιδέα είναι η δημιουργία ενός DIYυλικού με γνώμονα τη σχεδίαση για αειφορία, στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας και της τοπικότητας με συνδυασμό των μεθόδων του Design out waste και του Material Driven Design (MDD).

Τα **υλικά** από τα οποία αποτελούνται τα δοκίμια που προέκυψαν είναι:

- κελύφη αμυγδάλων διαφόρων ποικιλιών (τέξας, φυρασιά, τουόνο, ισπανικά), και
- συγκολλητική ουσία (PVAC, ψαρόκολλα, κουνελόκολλα, κόλλα σιλικόνης)

Στόχος είναι η δημιουργία ενός κατά προτίμηση βιοδιασπώμενου σύνθετου υλικού, ωστόσο χρησιμοποιείται κόλλα PVAC και κόλλα σιλικόνης, προκειμένου να διερευνηθούν οι μηχανικές ιδιότητες και η υδατοδιαλυτότητα των δοκιμίων.

Τα **εργαλεία** που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα είναι:

- Δοσομετρικός ογκομετρικός σωλήνας
- Κόφτης καφέ (ηλεκτρικός μύλος)
- Θερμόμετρο/ υγρασιόμετρο
- Κουτάλι ανάμειξης
- Δύο κατσαρόλες
- 3 κόσκινα διαφορετικού ανοίγματος σίτας (4, 3 και 2 χιλιοστών)
- Αντικολλητικό χαρτί κουζίνας
- Μετροταινία
- Ξύλινο καλούπι διαστάσεων 14 X 4 X 2,5 χιλιοστών

Πραγματοποιήθηκαν δύο σειρές πειραμάτων, το **Πείραμα Α** και το **Πείραμα Β**.

Στο **Πείραμα Α** επιχειρήθηκε μία πρώτη προσέγγιση της παρασκευής του νέου υλικού, προκειμένου να γίνει παρατήρηση της μορφολογίας και των γενικών χαρακτηριστικών. Στη συνέχεια και κατόπιν εξαγωγής των πρώτων συμπερασμάτων, ακολούθησε το **Πείραμα Β**, όπου μελετάται πια στοχευμένα η επίδραση της μήτρας-συγκολλητικής ουσίας και της κοκκομετρικής διαβάθμισης των αμυγδάλων χωριστά στις μηχανικές ιδιότητες του νέου υλικού.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιγράφεται αναλυτικά στη συνέχεια.

ΠΕΙΡΑΜΑ Α-ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΑΡΧΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Βήμα 1: Θρυμματισμός των κελύφων των αμυγδάλων και διαχωρισμός τους με βάση την κοκκομετρία τους

Αρχικά συγκεντρώθηκε ικανοποιητική ποσότητα κελυφών αμυγδάλων από τοπικό σπαστήριο. Οι ποικιλίες που πάρθηκαν από το σιλό είναι τεξας, φυρασιά, ισπανικά και τουόνο. Επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί τυχαίο μείγμα δεδομένου ότι τα πειράματα αφορούν το μακροσκοπικό έλεγχο του υλικού και θεωρήθηκε ότι οι όποιες διαφορές στις ποικιλίες αμυγδάλων θεωρούνται αμελητέες.

Εικόνα 10 Κελύφη αμυγδάλων (τέξας, φυρασιά, ισπανικά, τουόνο)



Η αρχική ιδέα περιλάμβανε το σπάσιμο των κελυφών σε οικιακό πολυκόφτη (blender, multi). Θρυμματίστηκε πειραματικά μία μικρή ποσότητα. Το αποτέλεσμα κρίθηκε ικανοποιητικό ωστόσο ήταν πολύ θορυβώδης διαδικασία, δημιουργούνταν μεγάλη ποσότητα σκόνης και υπήρχαν ενδείξεις ότι η ποσότητα που έπρεπε να θρυμματιστεί θα εξαντλούσε τις αντοχές του μηχανήματος. Κατόπιν, μία ποσότητα εμβαπτίστηκε σε δοχείο με νερό για ένα βράδυ, προκειμένου να διαπιστωθεί εάν τα κελύφη μαλακώνουν με το νερό. Η σκέψη προέκυψε λόγω της δομής των κελυφών, τα οποία είναι ιδιαίτερα πορώδη, ωστόσο το αποτέλεσμα ως προς τη σκληρότητα του υλικού ήταν το ίδιο. Βασική διαφορά ήταν η βελτίωση του επιπέδου σκόνης, η

οποία και εξαλείφθηκε πλήρως λόγω του νερού. Στη συνέχεια δοκιμάστηκε ο θρυμματισμός σε ηλεκτρικό μύλο καφέ, δεδομένου ότι οι κόκκοι του καφέ προσομοιάζουν στην ξυλώδη μορφή του κελύφους τουλάχιστον ως προς τη σκληρότητα. Ο τρόπος αυτός παράγει επίσης πολύ σκόνη, ωστόσο δίνει τη δυνατότητα περαιτέρω θρυμματισμού, έχει λιγότερη ηχητική όχληση και είναι



Εικόνα 11 Θρυμματιστής καφέ

ταχύτερος. Σε κάθε περίπτωση, ο πρώτος τρόπος με τον οικιακό πολυκόφτη είναι αποδεκτός και όπως περιγράφεται παρακάτω μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαφορετική διαβάθμιση για την παραγωγή του υλικού. Ένα πρώτο συμπέρασμα που προέκυψε είναι η μείωση του όγκου του θρυμματισμένου υλικού, γεγονός που δικαιολογείται από την πορώδη εσωτερική δομή του κελύφους.

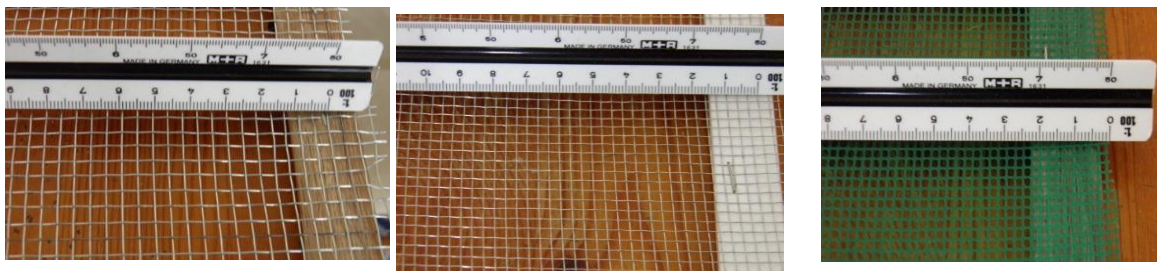


Εικόνα 13 Θρυμματισμένο υλικό (μείωση όγκου)

Το σύνολο του σπασμένου υλικού κοσκινίστηκε σε τρία αυτοσχέδια κόσκινα διαφορετικών ανοιγμάτων. Για τη δημιουργία των κοσκίνων χρησιμοποιήθηκαν τελάρα από τρεις κορνίζες και σίτες από τοπικό κατάστημα με είδη συρματοουργίας. Τα ανοίγματα που επιλέχθηκαν είναι 4, 3 και 2 χιλιοστά.



Εικόνα 12 Αυτοσχέδια κόσκινα



Εικόνα 14 (από αριστερά) Κόσκινο Νο1 (άνοιγμα 4 χιλ), Κόσκινο Νο3, άνοιγμα 2 χιλ, Κόσκινο Νο2, άνοιγμα 3 χιλ

Ο σκοπός του κοσκινίσματος είναι η δημιουργία μίας δεδομένης κοκκομετρικής σύνθεσης της ποσότητας κελυφών. Θα χρησιμοποιηθεί συγκεκριμένη αναλογία κ.ο. από κάθε κατηγορία διαβάθμισης ώστε να διατηρείται κατά το δυνατόν η ομοιομορφία στο τελικό υλικό/ δοκίμιο και να είναι πιο αντιπροσωπευτικά τα αποτελέσματα της σύγκρισης μεταξύ τους .



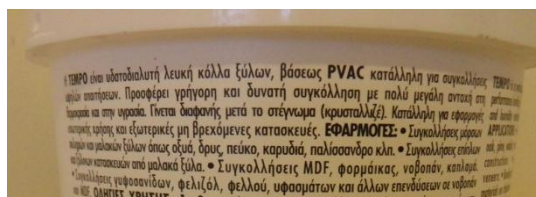
Εικόνα 15(α+β) Κοσκίνισμα θρυμματισμένου υλικού



Εικόνα 16(α+β) Ογκομέτρηση συγκρατούμενου και διερχόμενου κοσκινισμένου υλικού

Βήμα 2: Ανάμειξη υλικών

Ως μήτρες χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις συγκολλητικές ουσίες: κόλλα PVAC, ψαρόκολλα, κουνελόκολλα και κόλλα σιλικόνης.

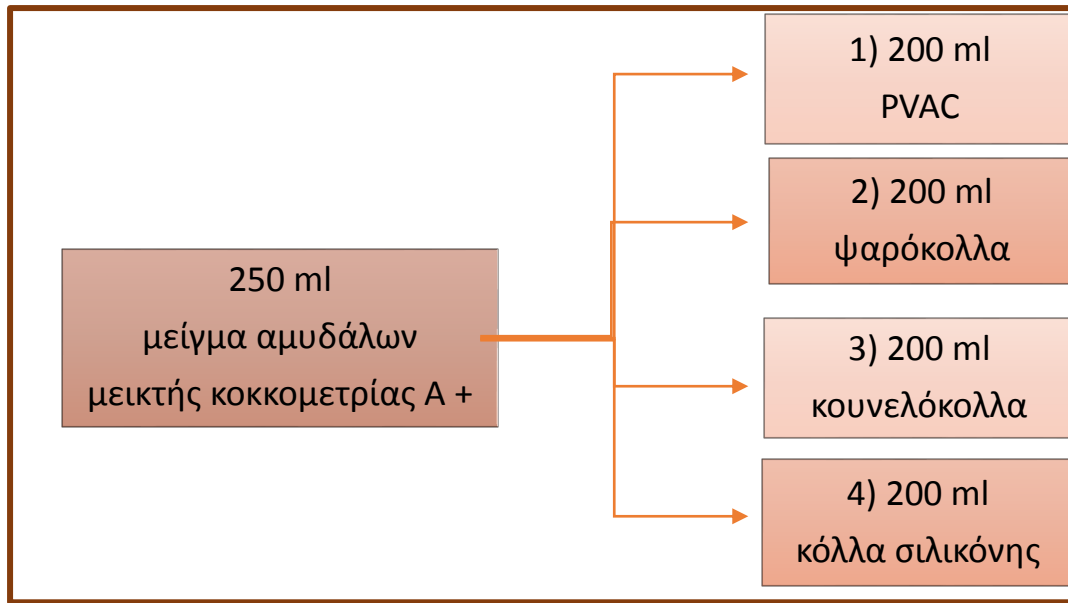


Εικόνα 17 Συγκολλητικές ουσίες (ψαρόκολλα, κουνελόκολλα, PVAC, κόλλα σιλικόνης)

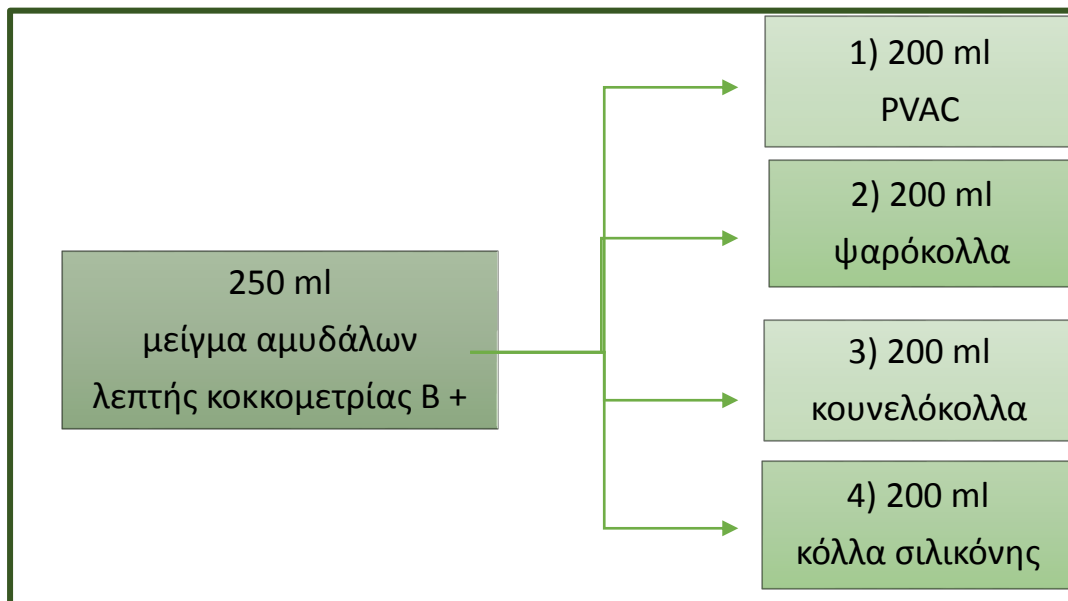
Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται σχηματικά οι συνδυασμοί. Η μέτρηση των ποσοτήτων είναι ογκομετρική. Τα μείγματα αμυγδάλων είχαν την εξής σύσταση:

Δοκίμια σειράς Α (μικτής κοκκομετρίας): Σε μείγμα 250ml, 150 mlσυγκρατούμενα«No1» + 75 mlσυγκρατούμενα«No2» + 12,5mlσυγκρατούμενα«No3» + 12,5mlδιερχόμενα «No3»

Δοκίμια σειράς Β (λεπτής κοκκομετρίας): Σε μείγμα 250ml, 125mlσυγκρατούμενα«No3» + 125mlδιερχόμενα «No3»



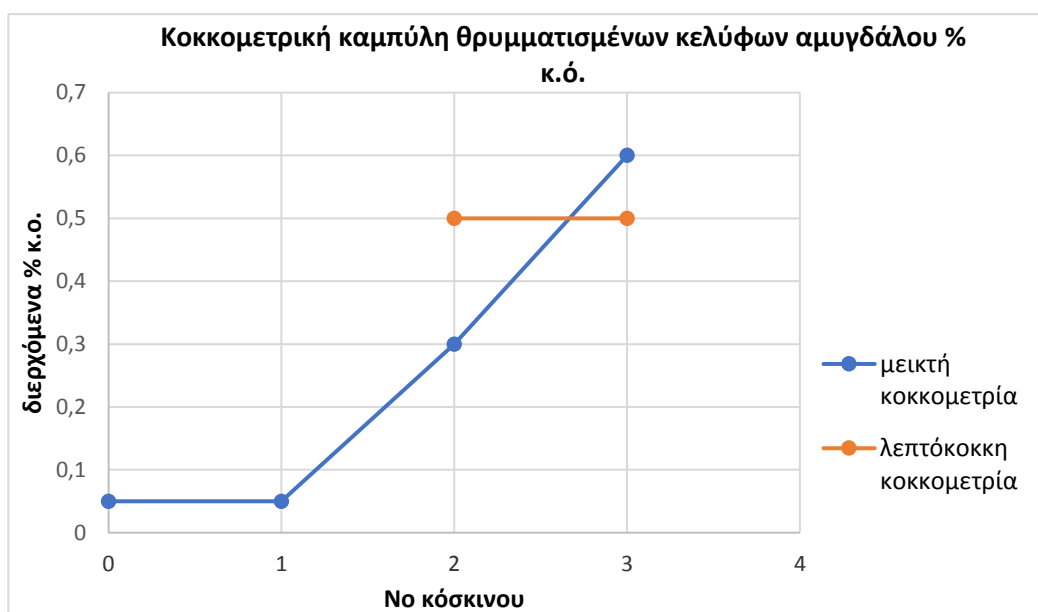
Εικόνα 18 Δοκίμια σειράς A (μικτής κοκκομετρίας)



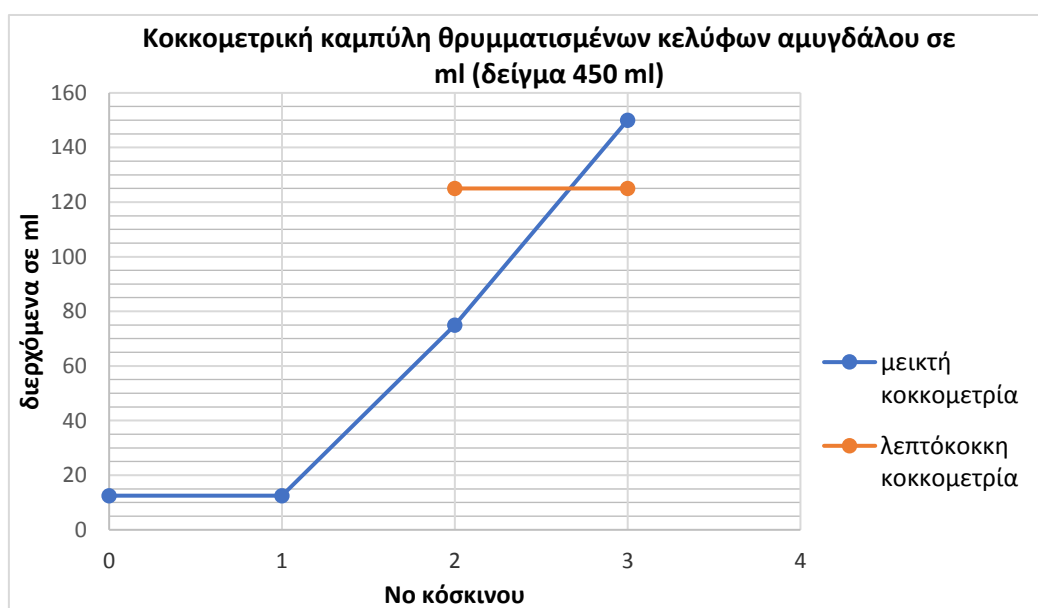
Εικόνα 19 Δοκίμια σειράς B (λεπτής κοκκομετρίας)

Διαγράμματα κοκκομετρικής διαβάθμισης διερχόμενων θρυμματισμένων κομματιών κελύφους.

Παρακάτω παρουσιάζονται σχηματικά οι αναλογίες του μείγματος των αμυγδάλων, δηλαδή της μικτής κοκκομετρίας Α και της λεπτόκοκκης Β. Στο πρώτο διάγραμμα απεικονίζονται τα διερχόμενα από κάθε κόσκινο σε ποσοστό κατ' όγκο του μείγματος αμυγδάλων, ενώ στο δεύτερο διάγραμμα φαίνονται τα διερχόμενα από κάθε κόσκινο σε μίση σύνολο μείγματος αμυγδάλων 250 ml.



Διάγραμμα 3 Κοκκομετρική διαβάθμιση κελύφων αμυγδάλου για μεικτή και λεπτόκοκκη σύνθεση % κ.ό.



Διάγραμμα 4 Κοκκομετρική διαβάθμιση κελύφων αμυγδάλου για μεικτή και λεπτόκοκκη σύνθεση σε ml

Απεικόνιση του Πειράματος A.1 (250mlΜείγμα A+200mlPVAC)

Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων μετρούνταν η θερμοκρασία και η υγρασία περιβάλλοντος. Αφού ογκομετρήθηκαν οι ποσότητες για το μείγμα αμυγδάλων κοκκομετρίας A και ποσότητα 250ml, αναμείχθηκαν με ξυλόκολλα 200mlPVAC. Η συγκεκριμένη κόλλα έχει ειδικό βάρος 1,000-1,060 gr/cm³, οπότε 1grαντιστοιχεί περίπου σε 1 ml. Με χρήση ζυγαριάς ακριβείας μετρήθηκαν 200-206 gr κόλλας PVAC (για μ.ο. $\rho=1,03\text{gr/cm}^3$). Η ανάμειξη έγινε με τα χέρια και σχηματίστηκε δοκίμιο διαστάσεων 12 X 7 X 2,5 cm.



Εικόνα 20 Μέτρηση θερμοκρασίας & υγρασίας



Εικόνα 21(α+β) Ανάμειξη συστατικών και διαμόρφωση δοκιμίου με PVAC

Ομοίως, για το πείραμα B.1 ογκομετρήθηκαν οι ποσότητες για το μείγμα αμυγδάλων κοκκομετρίας B σε ποσότητα 250ml και αναμείχθηκαν με ξυλόκολλα 200ml PVAC.

Απεικόνιση του Πειράματος A.2 (250ml Μείγμα A+200ml Ψαρόκολλα)

Οι κόκκοι της ψαρόκολλας αναμείχθηκαν σε αναλογία 1:1 με νερό (100 ml κόλλας + 100ml νερό) και μετά από περίπου μία ώρα αναμονής τοποθετήθηκαν σε μπενμαρί για να ρευστοποιηθούν.

Η ανάμειξη έγινε με τα χέρια και τη βοήθεια ενός κουταλιού και σχηματίστηκε δοκίμιο διαστάσεων 3 X 6 X 2,5 cm.



Εικόνα 22(α+β) Ρευστοποίηση της ψαρόκολλας σε μπεν μαρί



Εικόνα 23(α+β+γ) Ανάμειξη συστατικών και διαμόρφωση δοκίμιου με ψαρόκολλα

Ομοίως για το πείραμα B.2 αναμείχθηκαν το μείγμα αμυγδάλων κοκκομετρίας Β σε ποσότητα 250ml με 200ml ψαρόκολλα.

Απεικόνιση του Πειράματος Α.3 (250ml Μείγμα Α+200mlκουνελόκολλα)

Ομοίως, οι κόκκοι της κουνελόκολλας αναμείχθηκαν σε αναλογία 1:1 με νερό (100 ml κόλλας + 100mlνερό) και μετά από περίπου μία ώρα αναμονής τοποθετήθηκαν σε μπενμαρί για να ρευστοποιηθούν.



Εικόνα 24(α+β) Ρευστοποίηση κουνελόκολλας σε μπεν μαρί

Εικόνα 25 Ανάμειξη υλικών



Εικόνα 26 Μέτρηση θερμοκρασίας & υγρασίας

Η ανάμειξη έγινε με τα χέρια και τη βοήθεια ενός κουταλιού και σχηματίστηκε δοκίμιο διαστάσεων περίπου 13 X 6 X 2,5 cm.

Ομοίως για το πείραμα Β.3 αναμείχθηκαν το μείγμα αμυγδάλων κοκκομετρίας Β σε ποσότητα 250ml με 200ml κουνελόκολλα.

Απεικόνιση του Πειράματος Α.4 (250ml Μείγμα Α+200ml κόλλα σιλικόνης)

Για την εφαρμογή της κόλλας χρησιμοποιήθηκε πιστόλι σιλικόνης. Η διαχείριση του μείγματος ήταν αρκετά δύσκολη και το δοκίμιο εξαρχής δεν είχε συνεκτικότητα.



Εικόνα 27(α+β) Ανάμειξη και διαμόρφωση δοκιμίου με κόλλα σιλικόνης

Ομοίως για το πείραμα Β.3 αναμείχθηκαν το μείγμα αμυγδάλων κοκκομετρίας Β σε ποσότητα 250ml με 200ml κόλλα σιλικόνης.

Βήμα 3: Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα

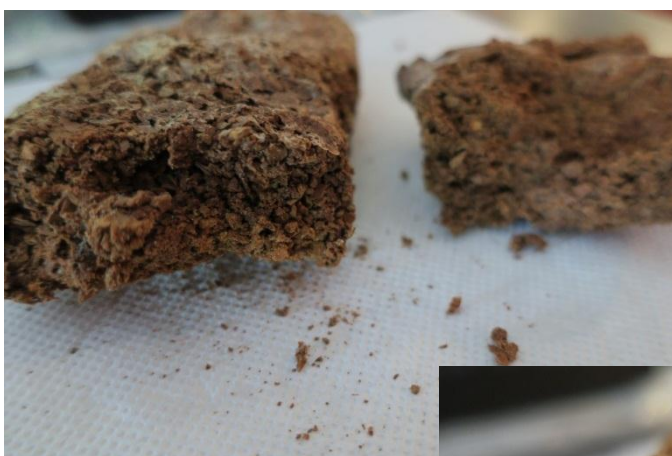
1. Πείραμα A.1 [μ-ρνv] (250ml Μείγμα μικτής κοκκομετρίαςA+200ml PVAC)

Το δοκίμιο είναι ομοιόμορφο και άκαμπτο - δεν αστόχησε σε κάμψη σε δοκιμή που έγινε να σπάσει με το χέρι.



2. Πείραμα B.1 [λ-ρνv] (250ml Μείγμα λεπτής κοκκομετρίαςB+200ml PVAC)

Το δοκίμιο παρουσιάζει μικρές ατέλειες και είναι λιγότερο άκαμπτο. Παρουσίασε ιξωδελαστική συμπεριφορά - όγκιμη αποκόλληση.



3. Πείραμα A.2 [μ-ψκ](250ml Μείγμα μικτής κοκκομετρίαςA+200ml ψαρόκολλα):

Το δοκίμιο ήταν ομοιόμορφο και άκαμπτο - δεν αστόχησε σε κάμψη σε δοκιμή που έγινε να σπάσει με το χέρι.



4. Πείραμα B.2 [λ-ψκ](250ml Μείγμα λεπτήςκοκκομετρίαςB+200ml ψαρόκολλα):

αποκόλληση τύπου soft cookie χωρίς ελαστική περιοχή

μικρές ατέλειες - ανάπτυξη υφών και λευκά, κολλώδες



5. Πείραμα A.3[μ-κκ](250mlΜείγμαμικτήςκοκκομετρίας A+200mlκουνελόκολλα)

Το δοκίμιο ήταν άκαμπτο - δεν αστόχησε σε κάμψη σε δοκιμή που έγινε να σπάσει με το χέρι. Θρυμματισμός στα άκρα, φαίνονται οι υφές, σχηματισμός φιλμ, μυρωδιά αμμωνίας.



6. Πείραμα B.3[λ-κκ](250mlΜείγμαλεπτήςκοκκομετρίας B+200mlκουνελόκολλα)

λεπτή κοκκομετρία με κουνελόκολλα (λ-κκ): ο.π.



7. Πείραμα Α.4[μ-σκ](250ml Μείγμα μικτής κοκκομετρίας Α+200ml κόλλα σιλικόνης)

Το δοκίμιο παρουσιάζει μεσαίες και μεγάλες ατέλειες, έσπασε χωρίς αντίσταση (ελάχιστη ελαστική περιοχή), εύκολη όγκιμη αποκόλληση



8. Πείραμα Β.4[λ-σκ](250ml Μείγμα λεπτής κοκκομετρίας Α+200ml κόλλα σιλικόνης)

λεπτή κοκκομετρία με σιλικόνη (λ-σκ): περιορισμένη ιξωδελαστικότητα, εύκολη όγκιμη αποκόλληση

λεπτή κοκκομετρία με σιλικόνη (μ-σκ): μικρές και μεσαίες ατέλειες



Βήμα 4: Δοκιμή υδατοδιαλυτότητας

Πείραμα A.1 & B.1 (PVAC): Κατά την εμβάπτιση του δοκιμίου σε νερό χάθηκε η σκληρότητά του και παρουσίασε αποκόλληση τύπου soft cookie.



Πείραμα A.2 & B.2 (ψαρόκολλα): Κατά την εμβάπτιση του δοκιμίου σε νερό υπήρξε αποκόλληση περιμετρικά (μείωση όγκου περίπου κατά 40%), αλλά το τμήμα που παρέμεινε διατήρησε τη σκληρότητά του.



Πείραμα A.3 & B.3 (κουνελόκολλα): Κατά την εμβάπτιση του δοκιμίου σε νερό υπήρξε αποκόλληση (μείωση όγκου κοντά στο 85%). Το τμήμα που παρέμεινε παρουσίασε υφή τζελ στα σημεία συγκέντρωσης της κόλλας.



Πείραμα A.4 & B.4 (κόλλα σιλικόνης): Το δοκίμιο ήταν ήδη σαθρό, οπότε κατά την εμβάπτισή του σε νερό υπήρξε πλήρης διάλυση.

ΠΕΙΡΑΜΑ Β-ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Μεθοδολογία παρασκευής

Κατόπιν παρατήρησης των δειγμάτων που κατασκευάστηκαν στο **Πείραμα Α**, αποφασίστηκε η περαιτέρω μελέτη των δειγμάτων με PVAC και ψαρόκολλα. Για το σκοπό αυτό και πάντα σύμφωνα με τις παραπάνω παρατηρήσεις κατασκευάστηκαν οι εξής σειρές δοκιμών:

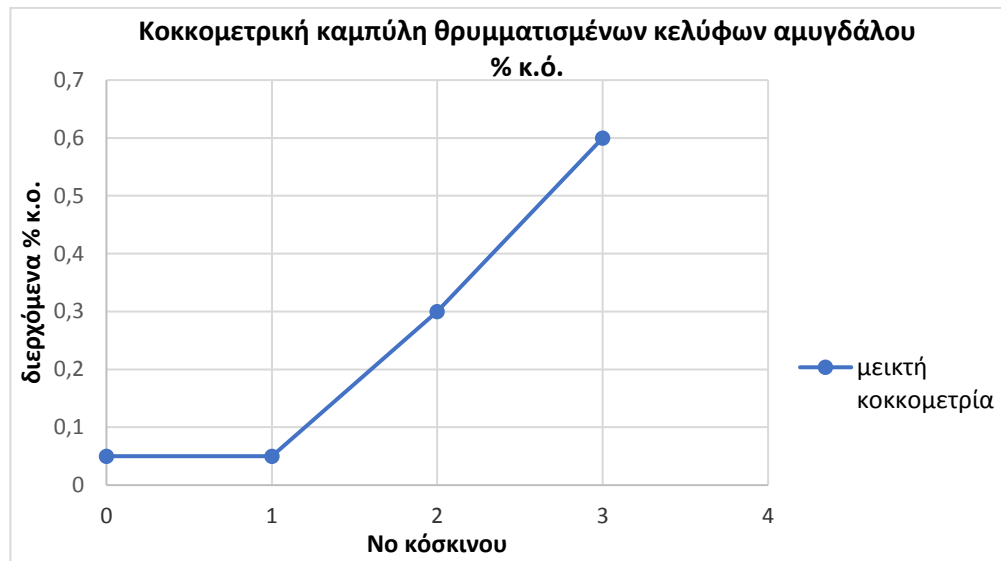
- 10 δοκίμια με τη λεπτότερη διαβάθμιση κελύφους (διερχόμενα του κόσκινου Νο3) σε μήτρα PVAC[**λ- PVAC**]
- 10 δοκίμια με τη λεπτότερη διαβάθμιση κελύφους (διερχόμενα του κόσκινου Νο3) σε μήτρα ψαρόκολλας[**λ-ψκ**]
- 10 δοκίμια με τη μεγαλύτερη διαβάθμιση κελύφους (συγκρατούμενα του κόσκινου Νο1, περίπου 4-6mm) σε μήτρα PVAC[**χ- PVAC**]
- 10 δοκίμια με διαβαθμισμένη-μικτή σύνθεση κελύφους σε μήτρα PVAC[**μ- PVAC**]

Για λόγους ομοιομορφίας των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε αυτοσχέδιο ξύλινο καλούπι διαστάσεων 14X 4 X 2.5 cm.



Σε όλα τα δοκίμια η αναλογία αμυγδάλων- συγκολλητικής ουσίας που εφαρμόστηκε ήταν **1:0.8**, δηλαδή ποσοστό μήτρας στο δείγμα **44,44% κ.ο.**

Ως προς την κοκκομετρική σύνθεση της τέταρτης σειράς δοκιμών ακολουθήθηκε η αναλογία κ.ο. του Πειράματος Α για μεικτή κοκκομετρία Α.



Διάγραμμα 5 Κοκκομετρική διαβάθμιση κελύφων αμυγδάλου για μεικτή σύνθεση % κ.ό.

Φωτογραφίες-Παρατηρήσεις

- [λ- ΡVAC]



Τα δείγματα είναι πολύ συνεκτικά.

- [λ-ψκ]



Τα δείγματα έχουν συνοχή. Κατά τη διάρκεια της ξήρανσης σχηματίστηκε μούχλα στα σημεία που δεν ήταν σε επαφή με τον αέρα.

- [χ- PVAC]



Μέτρια συνεκτικότητα, χρειάστηκαν 3-4 ημέρες για να στεγνώσουν.

- [μ- PVAC]



Τα δείγματα είναι συνεκτικά και ομοιόμορφα.

Στον παρακάτω πίνακα καταγράφεται το βάρος των δοκιμίων.

A/A	[λ- PVAC] (gr)	[λ-ψκ] (gr)	[χ- PVAC] (gr)	[μ- PVAC] (gr)
1	142	86	99	106
2	128	60	105	109
3	154	84	75	81
4	118	83	71	105
5	139	59	81	104
6	133	76	84	113
7	127	73	83	106
8	129	69	73	106
9	109	62	70	108
10	129	65	67	106
M.O.	130,8	71,7	80,8	104,4

Πίνακας 3 Βάρος δοκιμίων

Δοκιμή κάμψης

Τα παραπάνω δοκίμια υποβλήθηκαν σε δοκιμή κάμψης. Από τα αποτελέσματα θα προκύψει μία εκτίμηση για το μέτρο ελαστικότητας (E) του υλικού της κάθε ομάδας δοκιμών και η αντίστοιχη αντοχή. Τελικά επιδιώκεται να προκύψουν συμπεράσματα για την επίδραση του είδους της συγκολλητικής ουσίας αρχικά και μετέπειτα αυτή της κοκκομετρίας στην τελική αντοχή του νέου υλικού. Στη συνέχεια θα προταθούν πιθανές χρήσεις του υλικού.

Σε όλα τα δοκίμια, όπως προαναφέρθηκε η περιεκτικότητα σε συγκολλητική ουσία είναι 44,44% κ.ό. Στους παρακάτω πίνακες καταγράφονται οι ακριβείς διαστάσεις των δοκιμών, η μέγιστη δύναμη (F_{max}) και η αντίστοιχη μετατόπιση (δ_{max}), που σημειώθηκε κατά τη διάρκεια των δοκιμών. Επίσης, από τις καμπύλες που προέκυψαν και παρατίθενται στο Παράρτημα, υπολογίστηκε γραφικά (εφαπτομένη στο σημείο που ξεκινά να αυξάνεται η ασκούμενη δύναμη) η μεταβολή της δύναμης (F) με την αντίστοιχη μετατόπιση (δ) στο σημείο που ξεκινά να αυξάνεται η ασκούμενη δύναμη. Μέσω αυτών των τιμών υπολογίστηκε η ακαμψία του κάθε δοκιμίου ($S=F/\delta$). Από τον τύπο υπολογισμού της μετατόπισης για ακαμψία σε κάμψη αμφιέριστης δοκού υπό συγκεντρωμένο φορτίο στο κέντρο ($\delta=Fl^3/C1EI$, για αμφιέριστη δοκό $C1=48$), υπολογίζεται το μέτρο ελαστικότητας. Τέλος μέσω της μέγιστης δύναμης ($F_{max}=F_f$) για την περίπτωση αστοχίας δοκού σε κάμψη υπολογίζεται η αντοχή των δοκιμών σ^* ($F_f = C(\frac{I}{y_m})\frac{\sigma^*}{l}$, για αμφιέριστη δοκό $C1=4$). Όλα τα αποτελέσματα απεικονίζονται σχηματικά με τη μορφή διαγραμμάτων.

- [λ- PVAC]

A/A	Μήκος l (mm)	Πλάτος b (mm)	Ύψος h (mm)	Ροπή αδράνειας $I=bh^3/12$ (mm ⁴)
1	135	37	25	48.177,08
2	132	35	22	31.056,67
3	137	37	27	60.689,25
4	135	37	25	48.177,08
5	135	38	27	62.329,50
6	137	37	28	67.685,33
7	130	38	26	55.657,33
8	135	38	25	49.479,17
9	135	40	30	90.000,00
10	135	36	25	46.875,00

Πίνακας 4 Γεωμετρικά στοιχεία δοκιμών λ-PVAC

A/A	F (N)	δ (mm)	E (10 ⁻³ GPa)	F _{max} Δύναμη θραύσης (N)	δ _{max} μετατόπιση (mm)	σ* (MPa)
1	20	1	21,28	180	17,7	1,58
2	35	1,5	36,00	239	21,5	2,79
3	15	0,5	26,48	200	26,2	1,52
4	40	1,5	28,37	229	19,2	2,01
5	20	1	16,45	198	26,0	1,45
6	25	0,5	39,57	262	25,4	1,86
7	30	1	24,67	342	22,0	2,60
8	25	1	25,90	203	14,2	1,73
9	40	1	22,78	275	27,5	1,55
10	25	1,5	18,23	222	20,3	2,00

Πίνακας 5 Υπολογισμός μέτρου ελαστικότητας και τάσης θραύσης δοκιμών λ-PVAC

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει η μέση τιμή για το μέτρο ελαστικότητας του μίγματος λ-PVAC ίση με **25,97 x 10⁻³ GPa**, ενώ η μέση τιμή για την αντοχή του μίγματος ίση με **1,91 MPa**.

- [λ-ψκ]

A/A	Μήκος l (mm)	Πλάτος b (mm)	Ύψος h (mm)	Ροπή αδράνειας $I=bh^3/12$ (mm ⁴)
1	130	37	20	24.666,67
2	130	35	20	23.333,33
3	130	35	20	23.333,33
4	130	35	20	23.333,33
5	130	37	20	24.666,67
6	120	38	20	25.333,33
7	130	35	20	23.333,33
8	130	37	20	24.666,67
9	130	35	20	23.333,33

Πίνακας 6 Γεωμετρικά στοιχεία δοκιμών λ-ψκ

A/A	F (N)	δ (mm)	E (10 ⁻³ GPa)	F _{max} Δύναμη θραύσης (N)	δ _{max} μετατόπιση (mm)	σ* (MPa)
1	60	0,9	123,70	460	1,57	6,06
2	60	0,8	147,12	491	2,10	6,84
3	60	0,2	588,48	698	1,36	9,72
4	60	0,4	294,24	579	2,60	8,06
5	60	0,3	371,11	275	1,21	3,62
6	60	1	85,26	588	2,06	6,96
7	60	0,2	588,48	266	1,13	3,71
8	200	0,5	742,23	974	1,60	12,83
9	70	0,4	343,28	392	1,02	5,46

Πίνακας 7 Υπολογισμός μέτρου ελαστικότητας και τάσης θραύσης δοκιμών λ-ψκ

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει η μέση τιμή για το μέτρο ελαστικότητας του μίγματος λ-ψκ ίση με **364,88 x 10⁻³ GPa**, ενώ η μέση τιμή για την αντοχή του μίγματος ίση με **7,03 MPa**.

- [χ- PVAC]

A/A	Μήκος l (mm)	Πλάτος b (mm)	Ύψος h (mm)	Ροπή αδράνειας $I=bh^3/12$ (mm ⁴)
1	130	37	23	37.514,92
2	135	35	27	57.408,75
3	140	35	23	35.487,08
4	135	35	25	45.572,92
5	135	37	30	83.250,00
6	130	38	23	38.528,83
7	133	35	25	45.572,92
8	140	37	20	24.666,67
9	135	35	28	64.026,67
10	135	40	30	90.000,00

Πίνακας 8 Γεωμετρικά στοιχεία δοκιμών χ-PVAC

A/A	F (N)	δ (mm)	E (10 ⁻³ GPa)	F _{max} Δύναμη θραύσης (N)	δ _{max} μετατόπιση (mm)	σ* (MPa)
1	40	4	12,20	102	34,0	1,02
2	20	2	8,93	102	15,8	0,81
3	25	1.8	22,37	146	26,2	1,66
4	40	3.5	12,85	196	22,3	1,81
5	30	2.5	7,39	291	29,5	1,77
6	20	2.8	8,49	107	24,1	1,04
7	35	2.5	15,06	109	23,8	0,99
8	10	2	11,59	65	26,7	0,92
9	80	6.5	9,85	189	25,4	1,39
10	35	1.8	11,07	239	30,4	1,34

Πίνακας 9 Υπολογισμός μέτρου ελαστικότητας και τάσης θραύσης δοκιμών χ-PVAC

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει η μέση τιμή για το μέτρο ελαστικότητας του μίγματος χ-PVAC ίση με **11,98 x 10⁻³ GPa**, ενώ η μέση τιμή για την αντοχή του μίγματος ίση με **1,28 MPa**.

- [μ- PVAC]

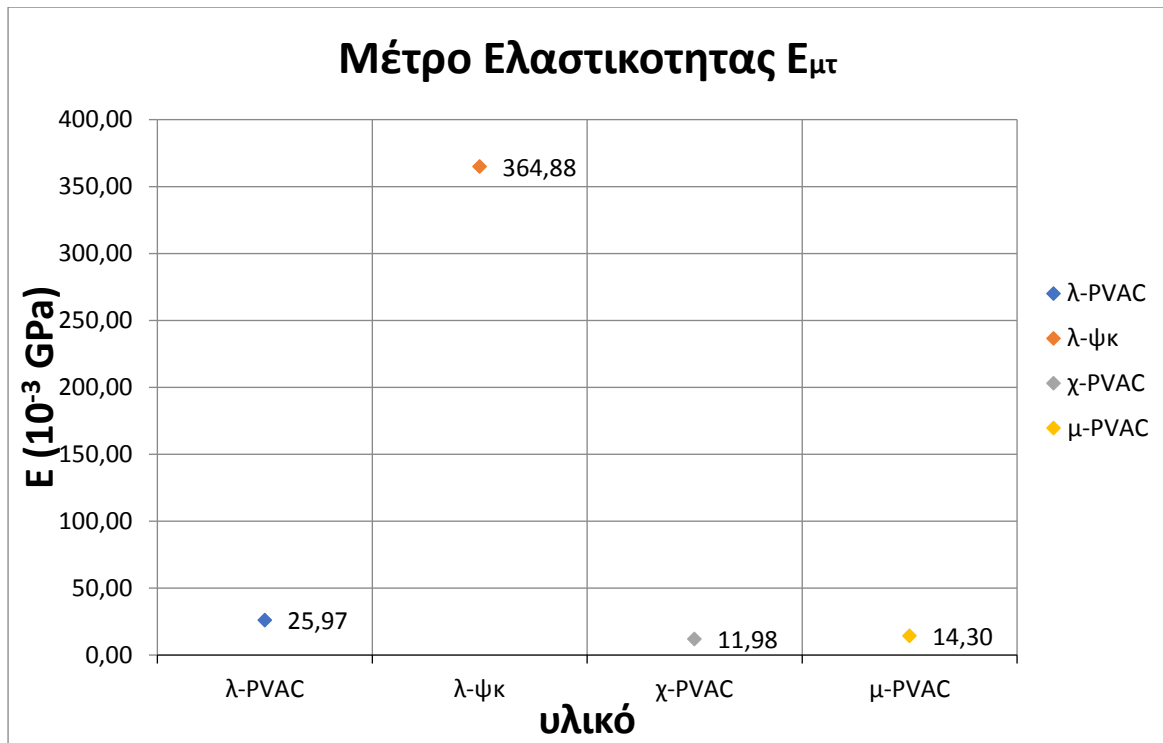
A/A	Μήκος l (mm)	Πλάτος b (mm)	Ύψος h (mm)	Ροπή αδράνειας $I=bh^3/12$ (mm ⁴)
1	137	38	28	69.514,67
2	137	38	28	69.514,67
3	135	38	25	49.479,17
4	133	38	28	69.514,67
5	133	36	25	46.875,00
6	134	37	28	67.685,33
7	135	40	28	73.173,33
8	135	38	25	49.479,17
9	133	37	20	24.666,67
10	130	38	25	49.479,17

Πίνακας 10 Γεωμετρικά στοιχεία δοκιμών μ-PVAC

A/A	F (N)	δ (mm)	E (10 ⁻³ GPa)	F _{max} Δύναμη θραύσης (N)	δ _{max} μετατόπιση (mm)	σ* (MPa)
1	8	1	6,17	191	32,8	1,32
2	8	0,3	20,55	218	28	1,50
3	12	0,8	15,54	154	30	1,31
4	25	1,5	11,75	169	30	1,13
5	20	1,2	17,43	230	28	2,04
6	13	1,2	8,02	182	28	1,26
7	20	1,5	9,34	172	30	1,11
8	10	0,8	12,95	186	26,7	1,59
9	22	1,8	24,29	177	29,4	2,39
10	11	0,6	16,96	165	31,8	1,35

Πίνακας 11 Υπολογισμός μέτρου ελαστικότητας και τάσης θραύσης δοκιμών μ-PVAC

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει η μέση τιμή για το μέτρο ελαστικότητας του μίγματος μ-PVAC ίση με **14,30 x 10⁻³ GPa**, ενώ η μέση τιμή για την αντοχή του μίγματος ίση με **1,50 MPa**.

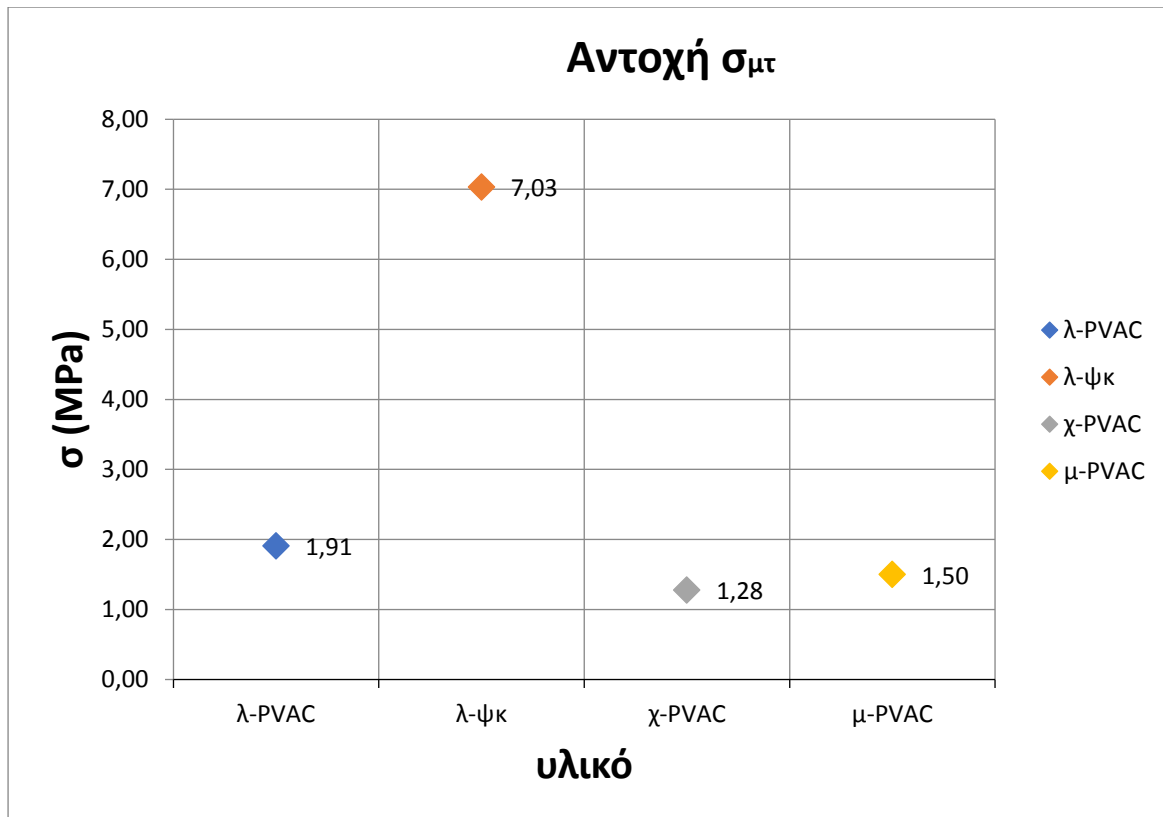


Διάγραμμα 6 Απεικόνιση μέσης τιμής μέτρου ελαστικότητας ($E_{\mu\tau}$) για κάθε σύνθεση-υλικό

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας με τις μέσες τιμές για το μέτρο ελαστικότητας (E) ανά υλικό και την τυπική απόκλιση.

Υλικό	Εμτ (10^{-3} GPa)	Τυπική απόκλιση
λ-PVAC	25,973	6,901
λ-ψκ	364,880	219,001
χ-PVAC	11,980	4,079
μ-PVAC	14,299	5,438

Πίνακας 12 Μέτρο ελαστικότητας και τυπική απόκλιση/ υλικό



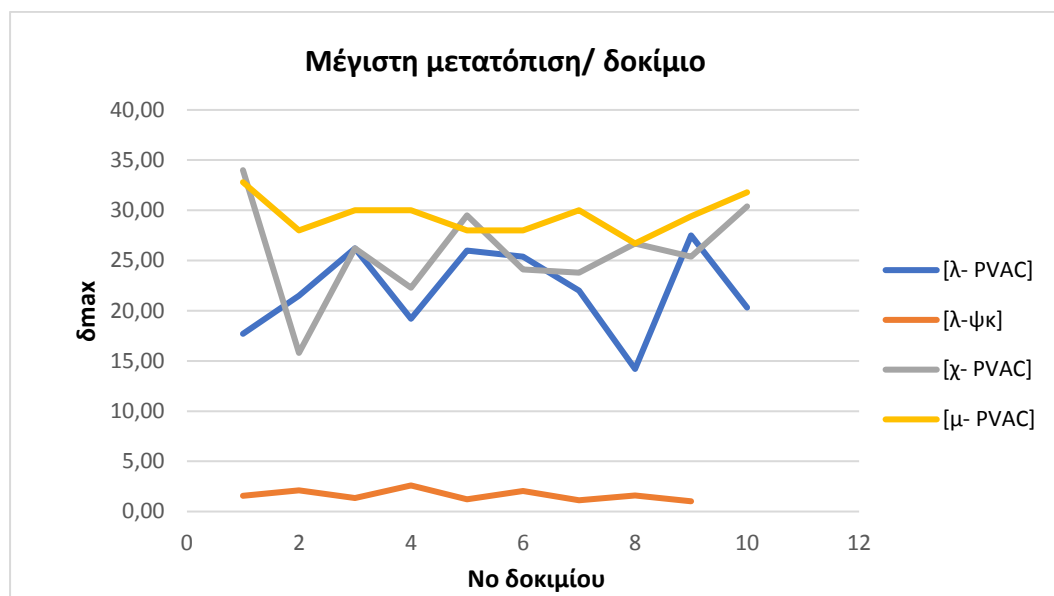
Διάγραμμα 7 Απεικόνιση μέσης τιμής τάσης θραύσης ($\sigma_{\mu\tau}$) για κάθε σύνθεση-υλικό

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας με τις μέσες τιμές για την τάση ανά υλικό (σ) και την τυπική απόκλιση.

Υλικό	$\sigma_{\mu\tau}$ (MPa)	Τυπική απόκλιση
λ-PVAC	1,907	0,437
λ-ψκ	7,030	2,751
χ-PVAC	1,276	0,353
μ-PVAC	1,500	0,389

Πίνακας 13 Τάση και τυπική απόκλιση/ υλικό

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζονται μαζί οι καμπύλες της μέγιστης μετατόπισης για κάθε σειρά δοκιμών.



Διάγραμμα 8 Απεικόνιση μέγιστης μετατόπισης/ δοκίμιο/ υλικό

Το μέτρο ελαστικότητας της ψαρόκολλας είναι της τάξης μεγέθους κοινών πολυμερών (~1GPa) και συνεπές με το μέτρο ελαστικότητας συνδετικών ουσιών ζωικής προέλευσης, ενώ αυτό της PVAC είναι της τάξης μεγέθους των ελαστομερών. Ουσιαστικά οι ελαστικές ιδιότητες αντανακλούν τη συγκολλητική ουσία. Τα δείγματα PVAC εμφάνισαν σχεδόν πλήρη επαναφορά μερικά λεπτά μετά την αποφόρτιση.

Όπως φαίνεται τα δείγματα με την PVAC παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερες παραμορφώσεις σε σχέση με αυτά της ψαρόκολλας, ενώ τα δείγματα με ψαρόκολλα επιδέχονται πολλαπλάσια δύναμη. Κυρίως τα δείγματα λ-PVAC και χ-PVAC παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη διακύμανση, σε αντίθεση με τα μ-PVAC δείγματα, που φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη συνέπεια (ενδεχομένως η διασπορά στην κατανομή της κοκκομετρίας να συρρικνώνει την απόκλιση στο μέγεθος των κενών μεταξύ των κόκκων). Πρακτικά αυτό σημαίνει πως τα μεν πρώτα (PVAC) εμφανίζουν εκτεταμένη ιξωδοελαστική συμπεριφορά και επαναφορά σε χαμηλές τάσεις, ενώ αυτά με την ψαρόκολλα αντέχουν πολύ μεγαλύτερη δύναμη και σπάνε ψαθυρά.

Στα παραρτήματα που ακολουθούν παρατίθενται ενδεικτικές φωτογραφίες από τις δοκιμές κάμψης (**Παράρτημα Α**), καθώς και τα διαγράμματα των δοκιμών κάμψης για κάθε σύνθεση (**Παράρτημα Β**).

Συμπεράσματα - Προτάσεις

Στην παρούσα διπλωματικά εργασία επιχειρήθηκε, όπως περιγράφεται αναλυτικά παραπάνω, να εξετασθεί αφενός η επίδραση της διαβάθμισης της σύνθεσης των θρυμματισμένων κελύφων αμυγδάλου, αφετέρου η επίδραση της συγκολλητικής ουσίας στις ιδιότητες του νέου υλικού.

Κατόπιν της πρώτης αρχικής διερεύνησης αποφασίστηκε τα πειράματα να συνεχιστούν μόνο για τις συγκολλητικές ουσίες της ψαρόκολλας και της ξυλόκολλας PVAC. Για τη διερεύνηση της επίδρασης της μήτρας των δοκιμών επιλέχθηκε ενιαία λεπτόκοκκη κοκκομετρία των αμυγδάλων. Στη συνέχεια εξετάστηκαν τρεις διαφορετικές κοκκομετρικές συνθέσεις σε συνδυασμό με την ίδια μήτρα PVAC.

Όπως προέκυψε πειραματικά, τα δοκίμια ψαρόκολλας είναι τα ελαφρύτερα όλων, παρουσιάζουν την καλύτερη συμπεριφορά στο νερό, ωστόσο ευνοούν την ανάπτυξη μούχλας. Όσο αφορά στην κάμψη, εμφανίζουν τη μεγαλύτερη αντοχή και το υψηλότερο μέτρο ελαστικότητας ενώ σπάνε ψαθυρά.

Τα δοκίμια PVAC, αντίθετα, διαλύονται αμέσως στο νερό, το βάρος τους εξαρτάται από τη σχετική πυκνότητα των κελύφων, έχουν πολύ μικρό μέτρο ελαστικότητας, κατά συνέπεια επιδέχονται πολύ μεγάλες παραμορφώσεις, παρουσιάζουν ιξωδοελαστική συμπεριφορά και ουσιαστικά δε σπάνε.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ιδιότητες του κελύφους ως αφρός, λόγω του θρυμματισμού του παύουν να υφίστανται, τουλάχιστον σε μακροσκοπικό επίπεδο, επομένως τα κελύφη έχουν απλά το ρόλο του στερεού στοιχείου στα μείγματα. Το γεγονός αυτό δεν αναιρεί τη βασική αρχή της τοπικότητας και της κυκλικής οικονομίας που υπαγορεύουν την αξιοποίηση των παραπροϊόντων της περιοχής.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και τον αρχικό στόχο για η δημιουργία ενός βιοαποδομήσιμου υλικού, προτείνεται η περαιτέρω έρευνα των μειγμάτων ψαρόκολλας, κυρίως για την πλήρη αδιαβροχοποίηση τους και την αποφυγή δημιουργίας μούχλας, καθώς και για την περαιτέρω ενίσχυση του υλικού, είτε εφαρμόζοντας τη λογική των υλικών σάντουιτς είτε ενισχύοντάς το με πλέγμα ή ίνες ενίσχυσης.

Προτεινόμενες χρήσεις του υλικού είναι ενδεικτικά σκεύη οικιακής χρήσης (μπώλ, πιατέλες, σουπλά), διακοσμητικά, γλάστρες, σκαμπό, ράφια.

Παράρτημα Α



Εικόνα Α 1 δοκίμιο λ-ψκ



Εικόνα Α 2 επιφάνεια θραύσης του δοκιμίου λ-ψκ



Εικόνα Α 3 δοκιμή κάμψης στο δοκίμιο χ-PVAC



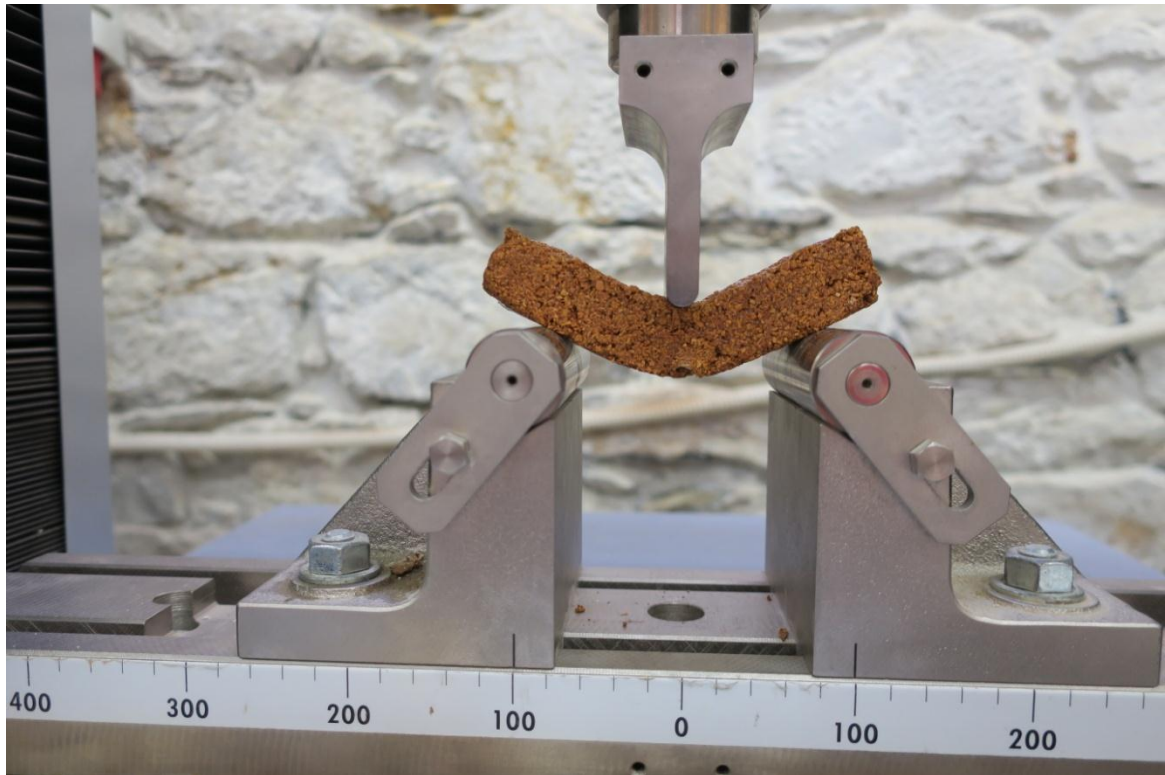
Εικόνα Α 4 δοκίμιο χ-PVAC μετά την αφαίρεση του φορτίου



Εικόνα Α 5 δοκίμιο χ-PVAC μερικά λεπτά μετά την αφαίρεση του φορτίου



Εικόνα Α 6 δοκιμή κάμψης σε δοκίμιο λ-PVAC



Εικόνα Α 7 Συνέχιση δοκιμής κάμψης δοκιμίου λ-PVAC



Εικόνα Α 8 δοκίμιο λ-PVAC μερικά λεπτά μετά την αφαίρεση του φορτίου



Εικόνα A 9 δοκιμή κάμψης σε δοκίμιο λ-PVAC



Εικόνα A 10 δοκίμιο λ-PVAC μερικά λεπτά μετά την αφαίρεση του φορτίου



Εικόνα A 11 λεπτομέρεια από λεπτόκοκκο δοκίμιο λ-PVAC με επιφανειακή ρωγμή



Εικόνα A 12 το παραπάνω δοκίμιο μερικά λεπτά μετά την αφαίρεση του φορτίου



Εικόνα A 13 δοκίμιο μ-PVAC μερικά λεπτά μετά την αφαίρεση του φορτίου

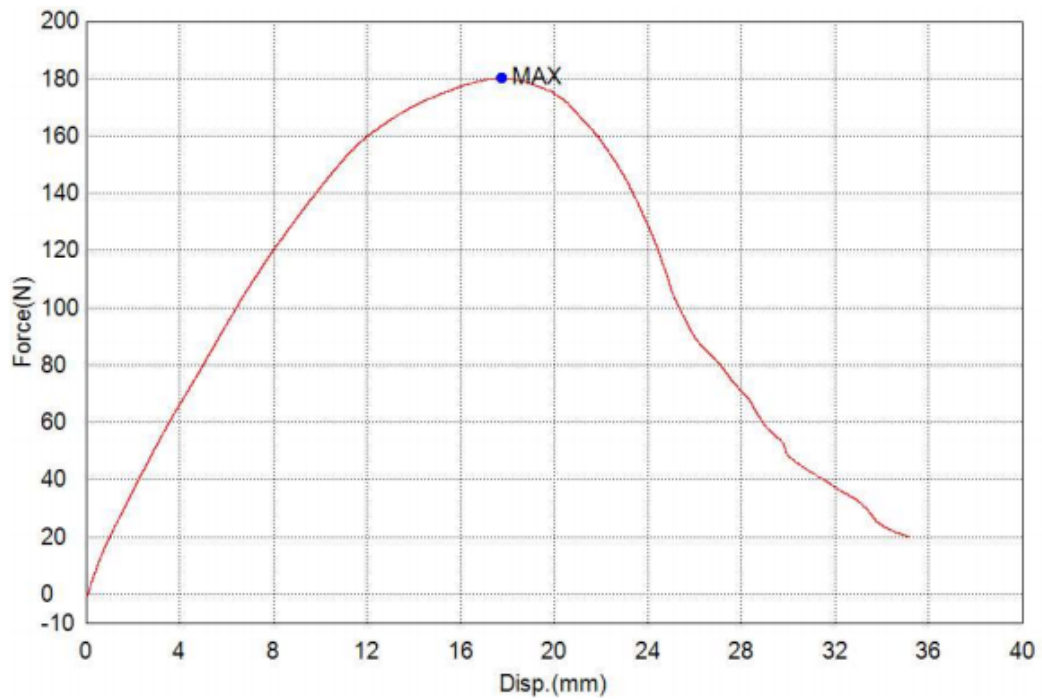
Παράρτημα Β

[λ- PVAC]

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max Force	Max Stress	Max Stroke	Max Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	180,181	2,93649	17,7397	26,6095

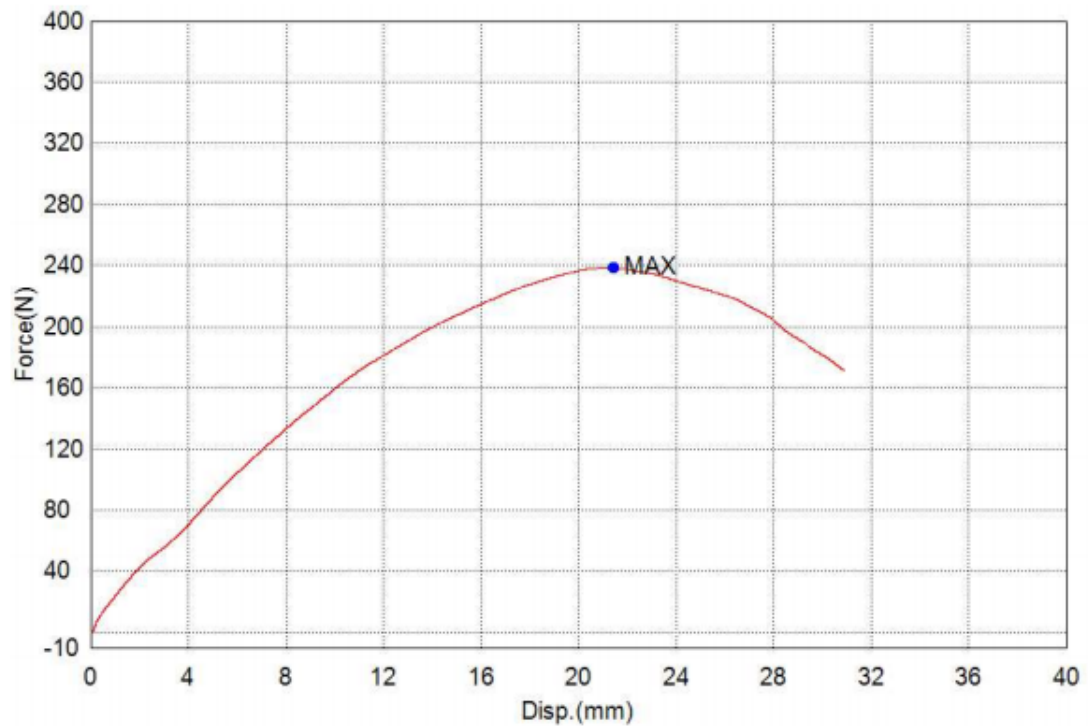


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/ Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	238,832	3,89235	21,4596	32,1894

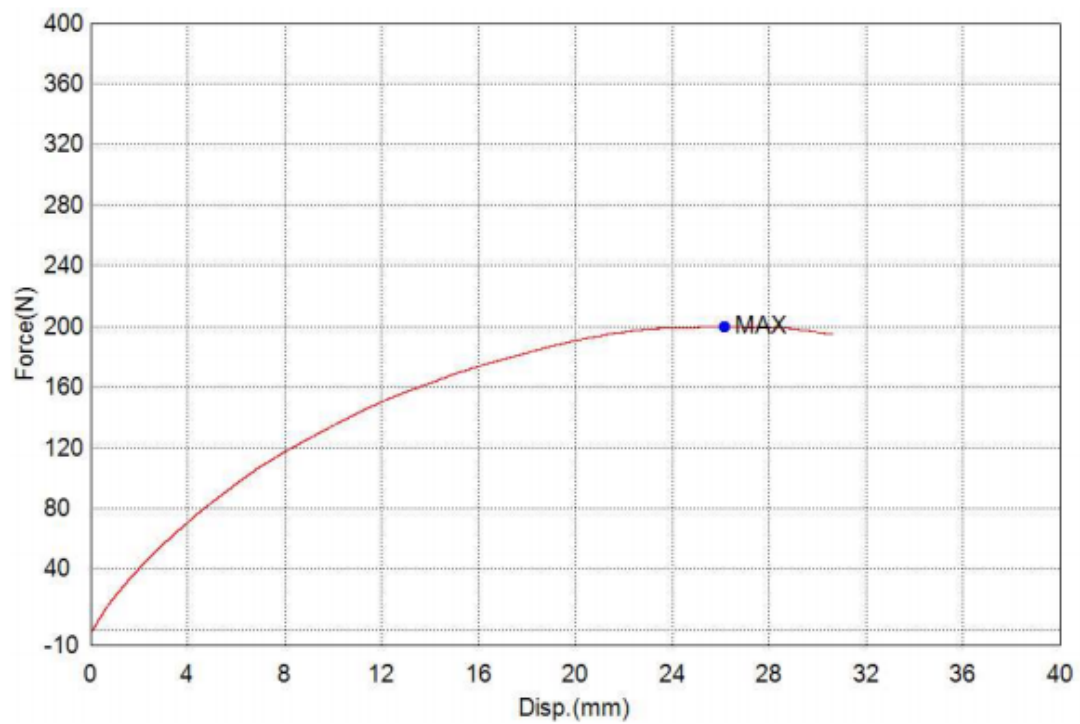


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	200,129	3,26159	26,1476	39,2214

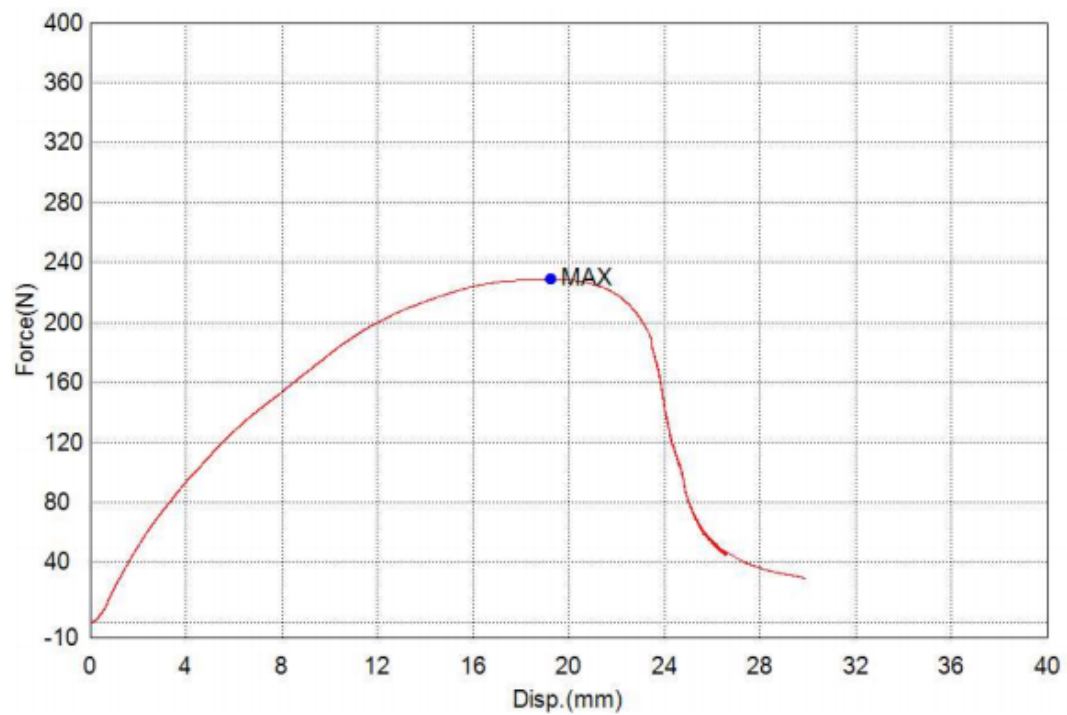


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max Force	Max Stress	Max Stroke	Max Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	228,818	3,72916	19,2341	28,8512

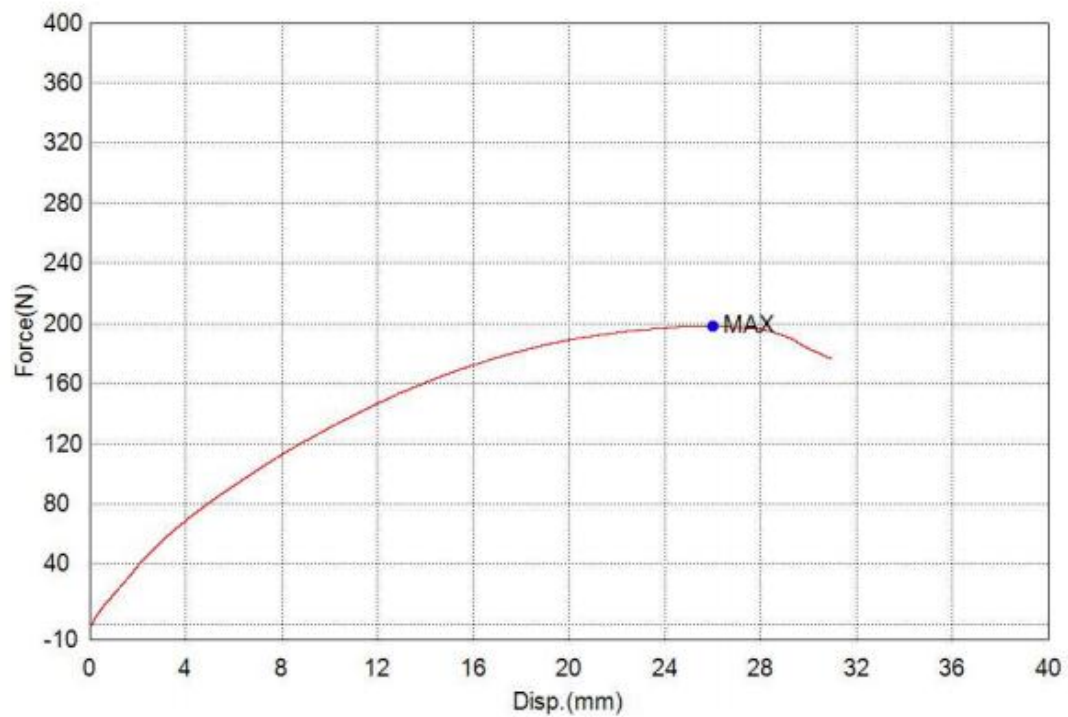


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/ Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	198,317	3,23206	26,0228	39,0343

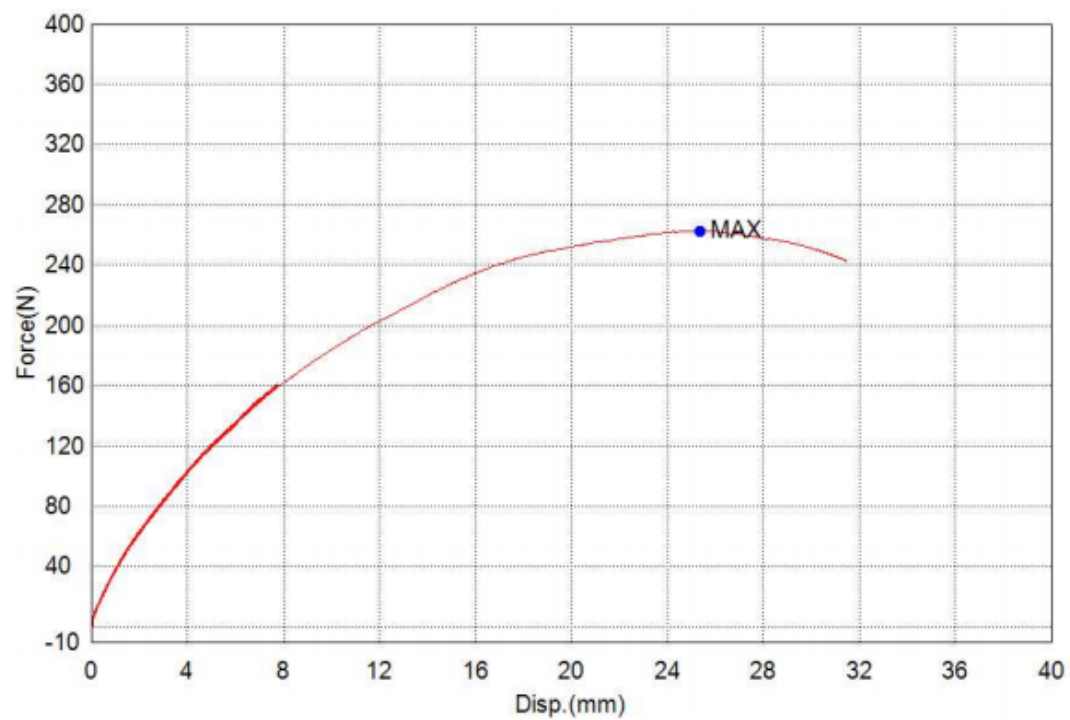


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	262,372	4,27599	25,3900	38,0851

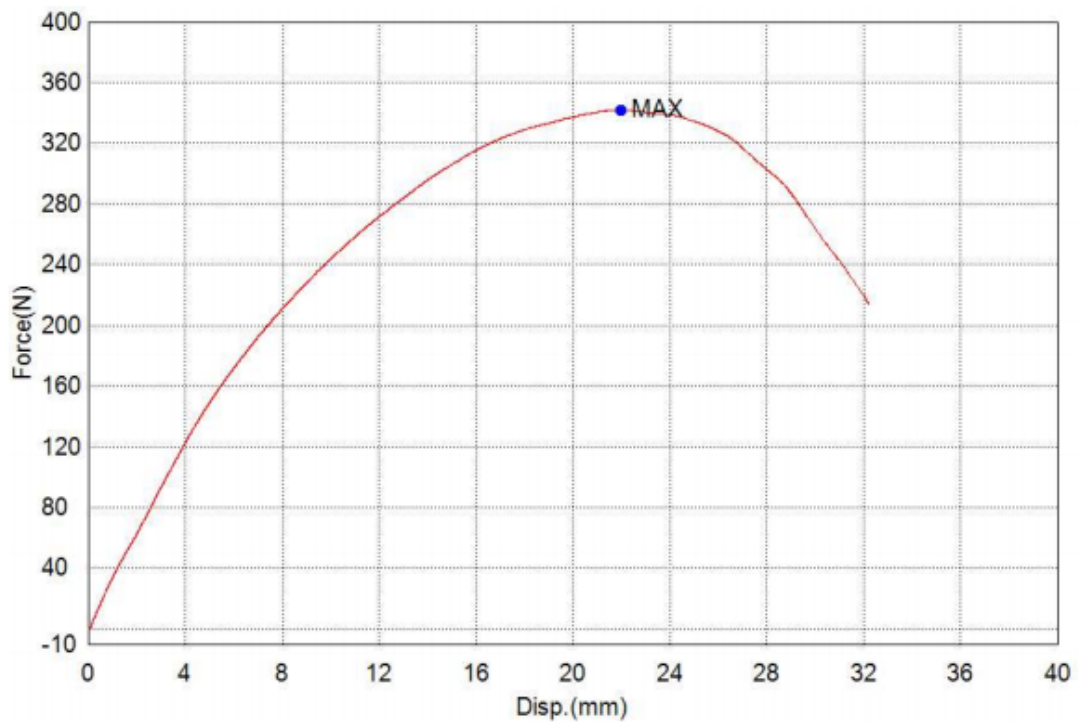


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	341,765	5,56991	22,0004	33,0006

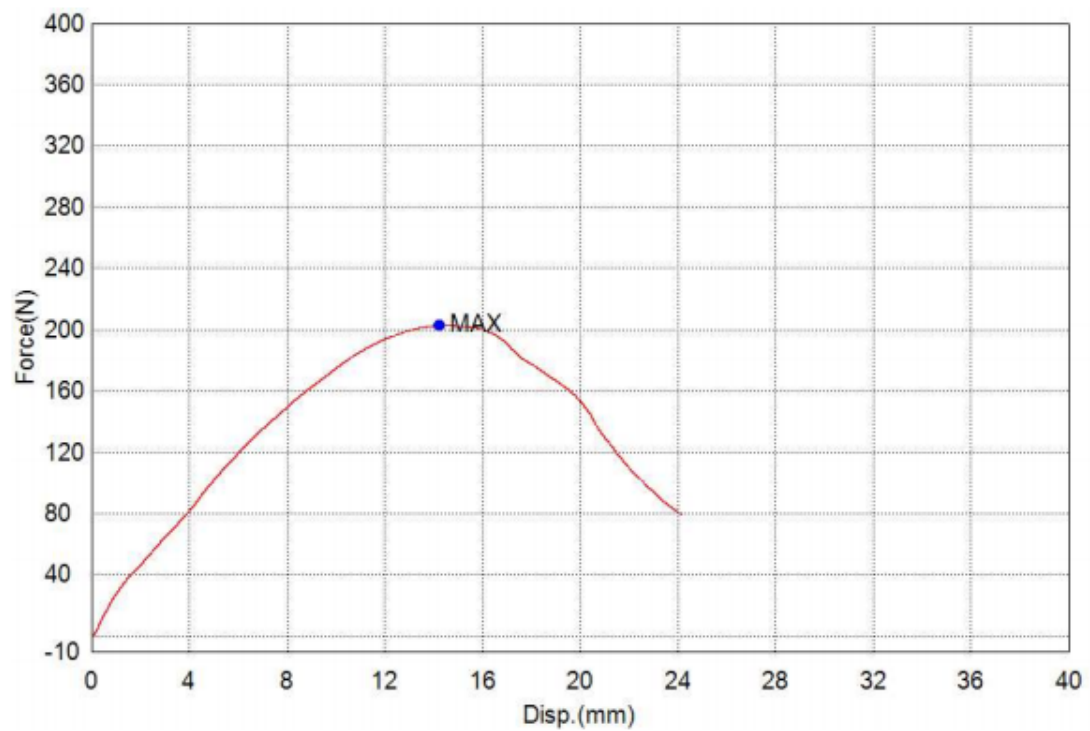


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	202,910	3,30692	14,2373	21,3559

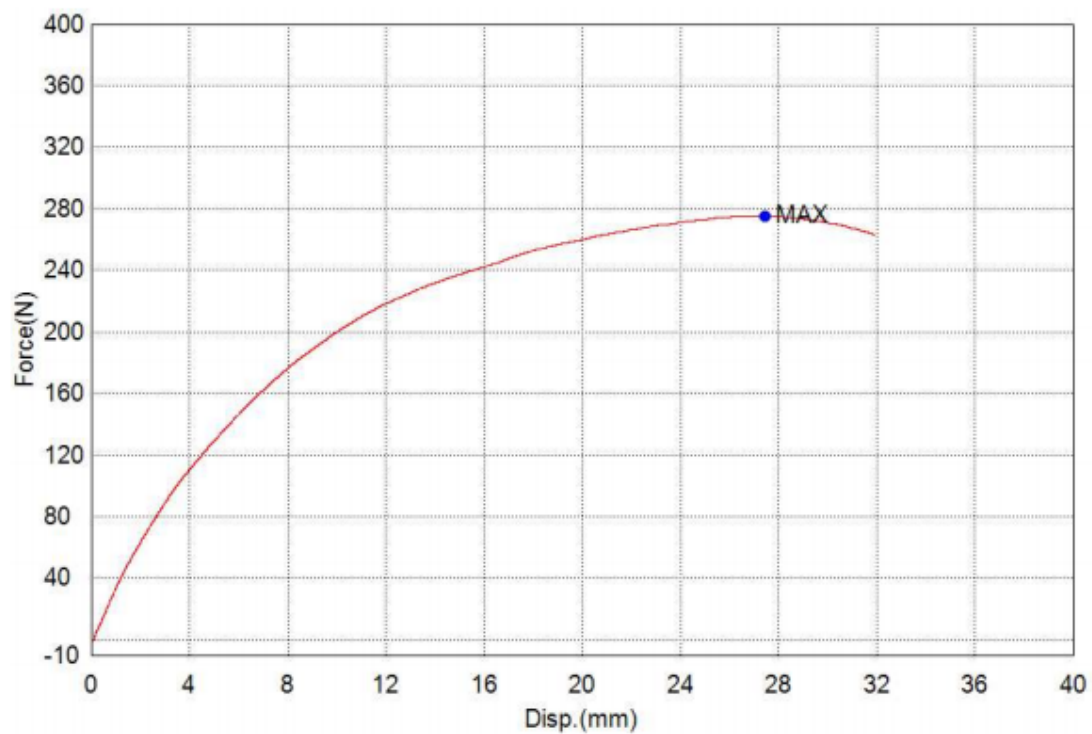


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	275,437	4,48893	27,4612	41,1918

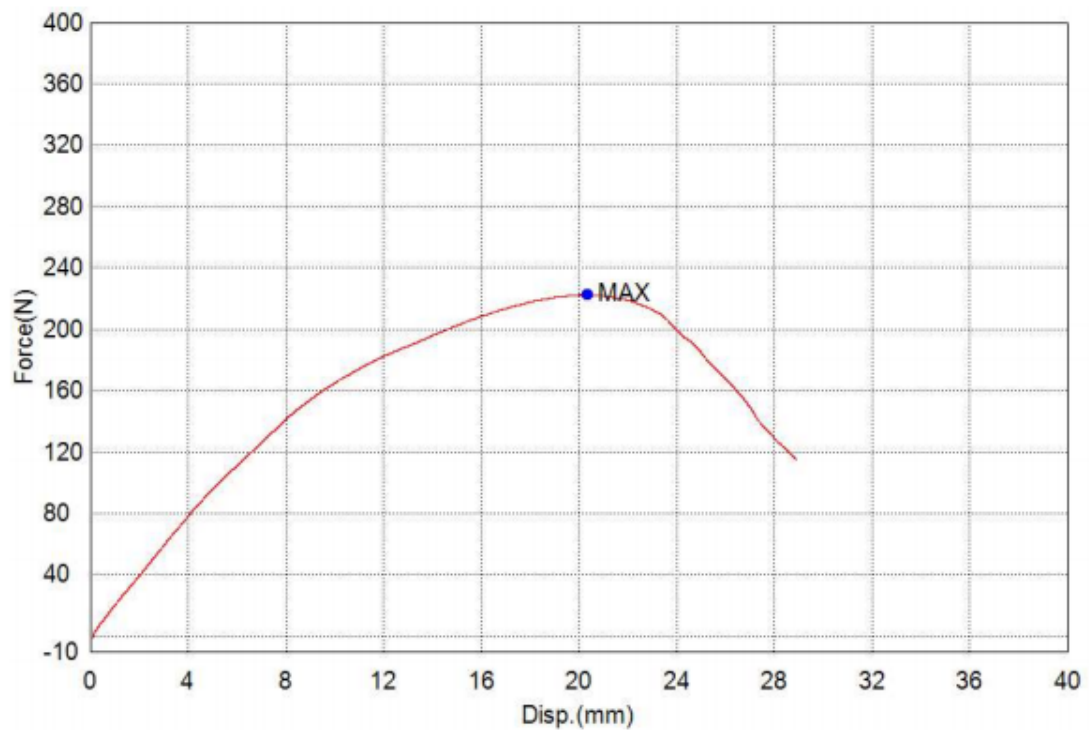


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	222,381	3,62425	20,3301	30,4951



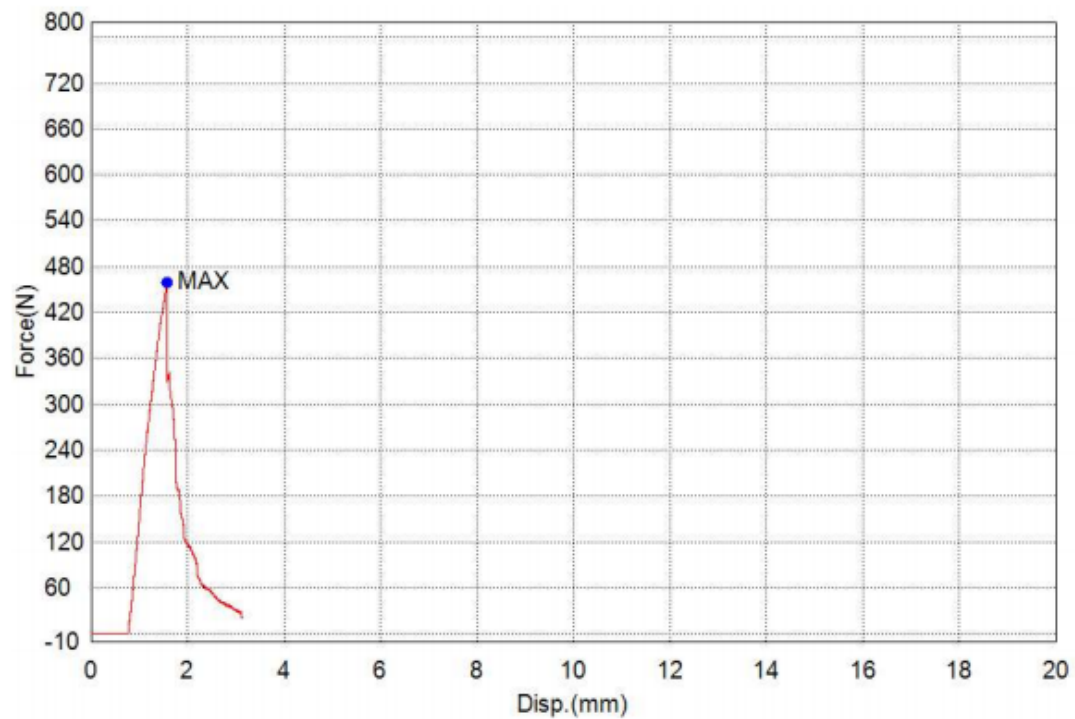
Comment

[λ-ψκ]

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	459,846	7,49432	1,57173	2,35759

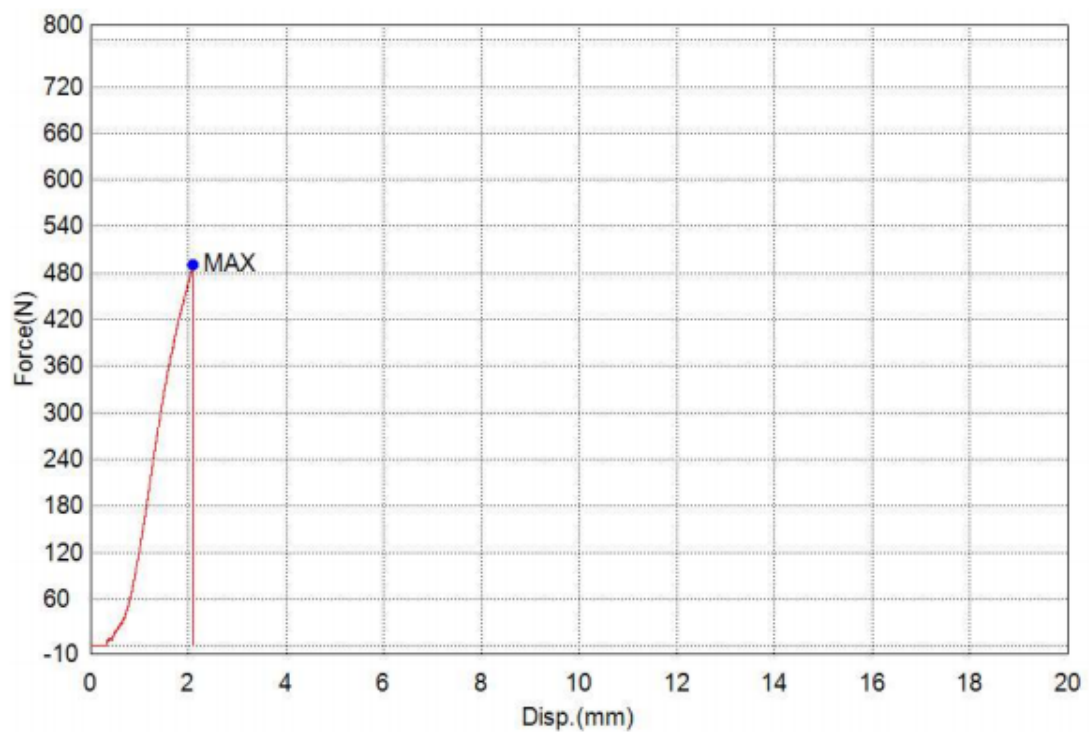


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	491,349	8,00774	2,09896	3,14844

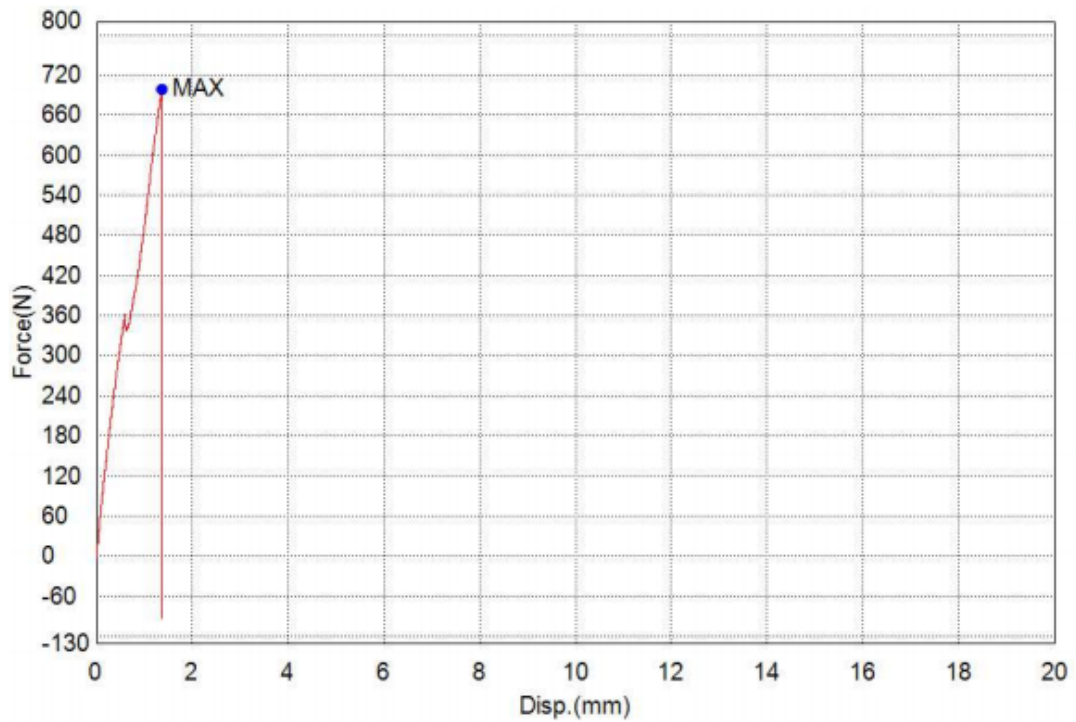


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	698,296	11,3805	1,35660	2,03491

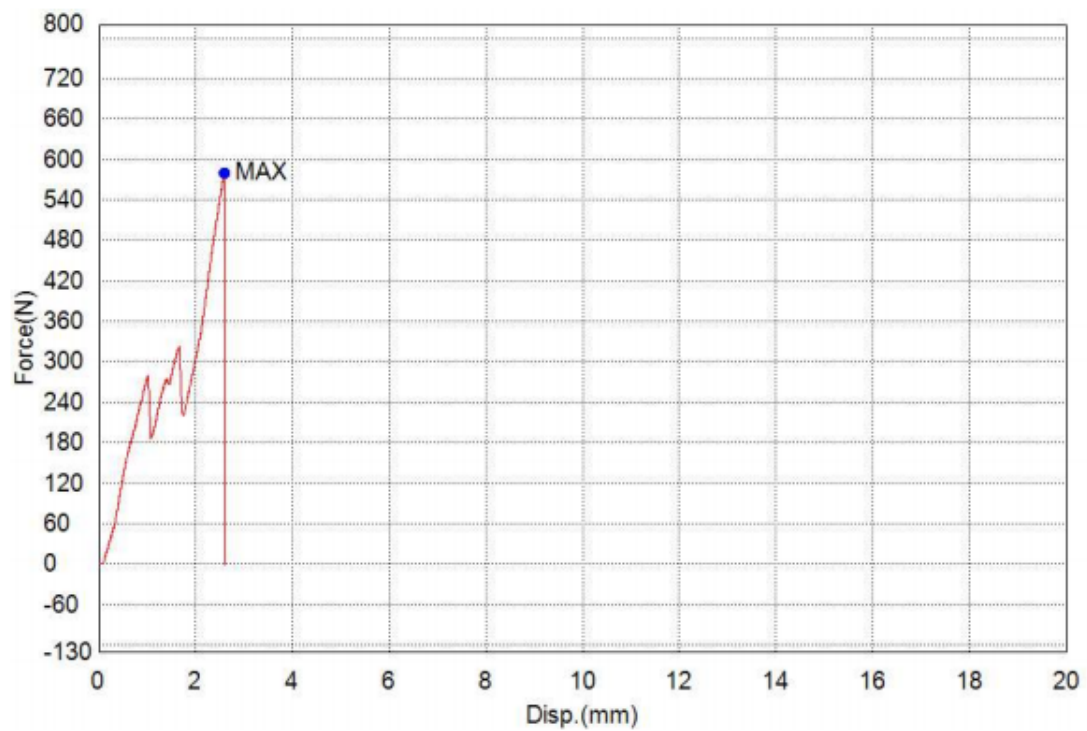


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	579,373	9,44231	2,59494	3,89241

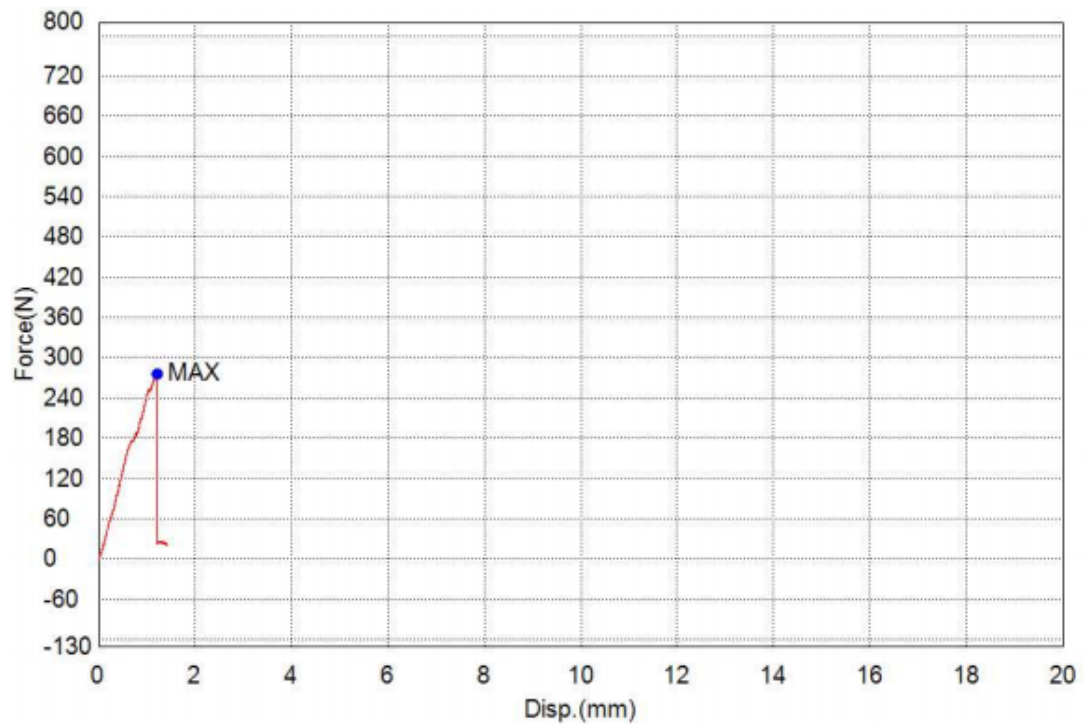


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	274,881	4,47986	1,20531	1,80797

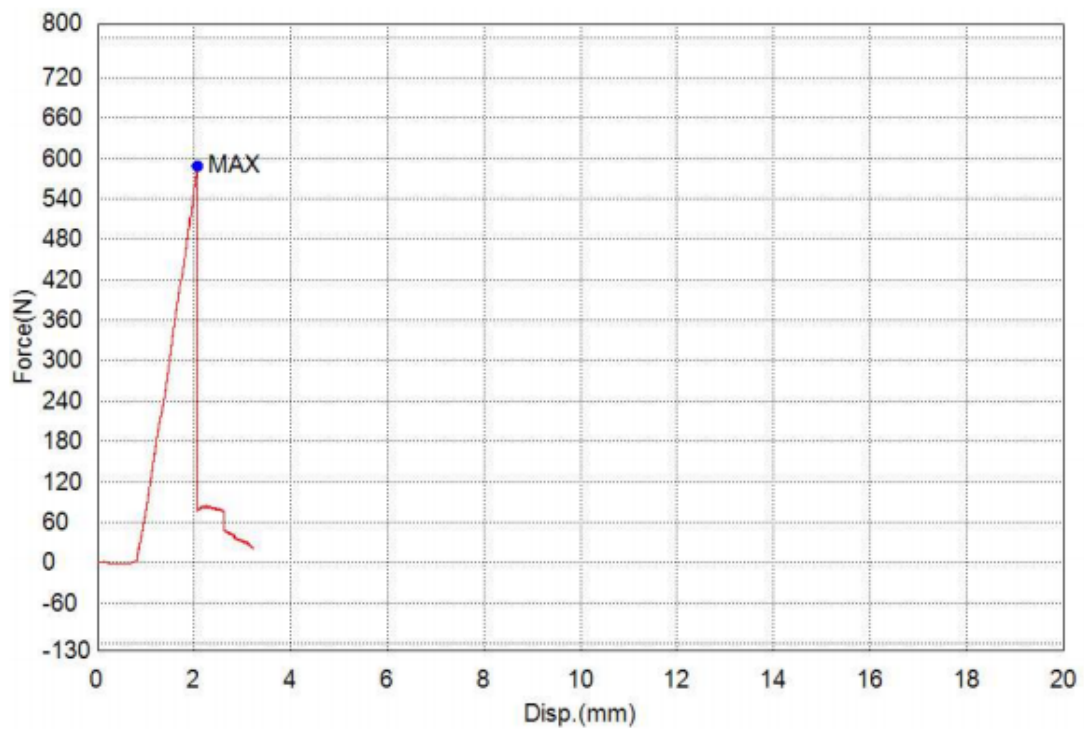


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	588,242	9,58686	2,05733	3,08600

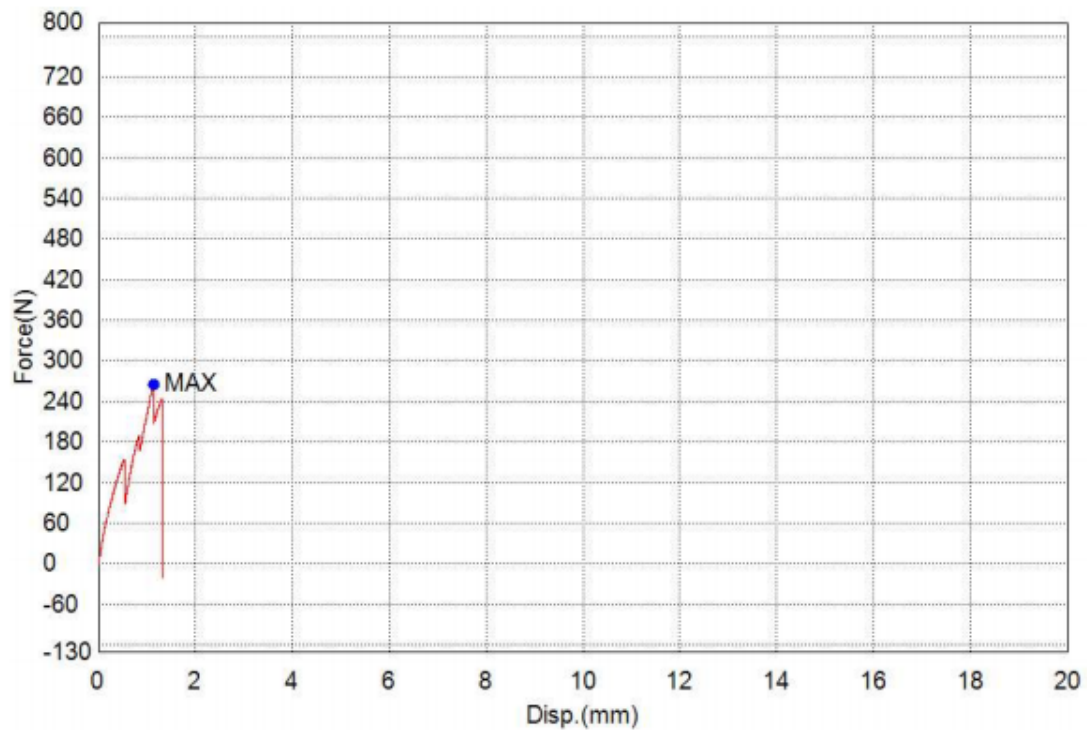


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	265,741	4,33091	1,13256	1,69884

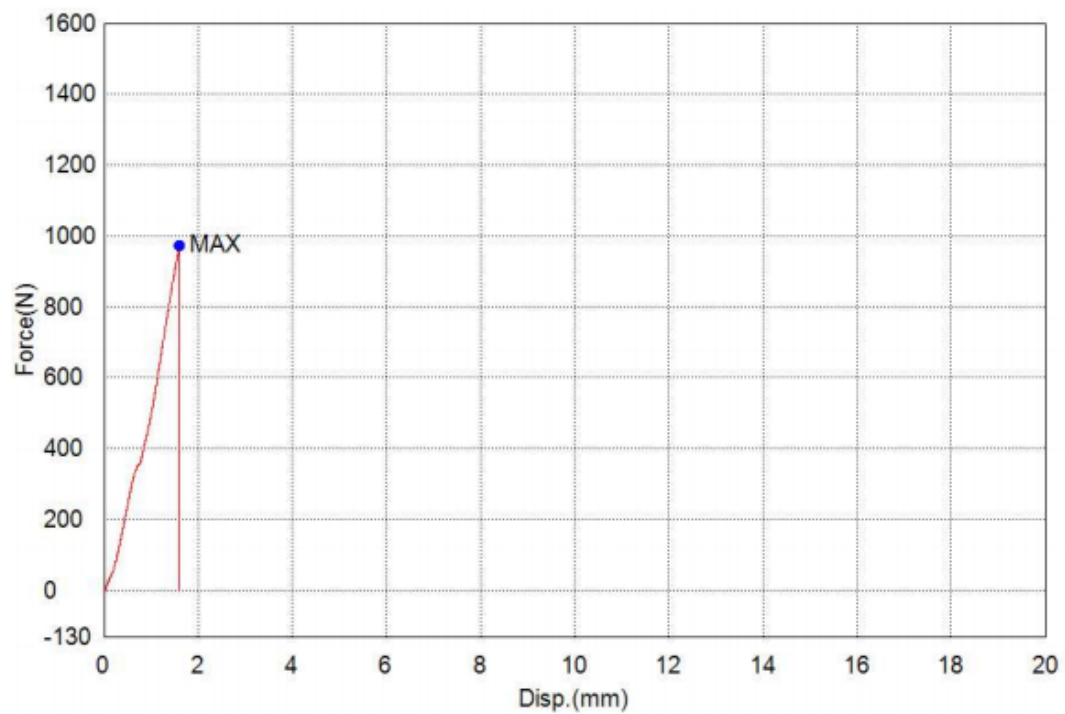


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/ Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	973,797	15,8704	1,60619	2,40928

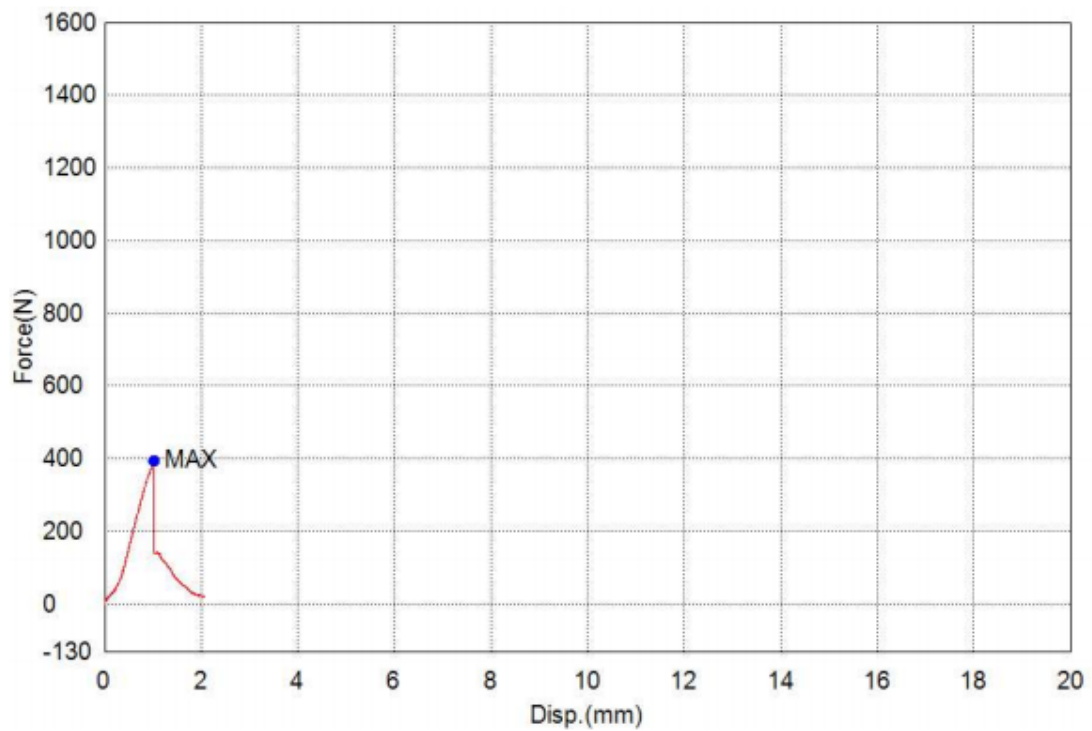


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	392,326	6,39392	1,01894	1,52841



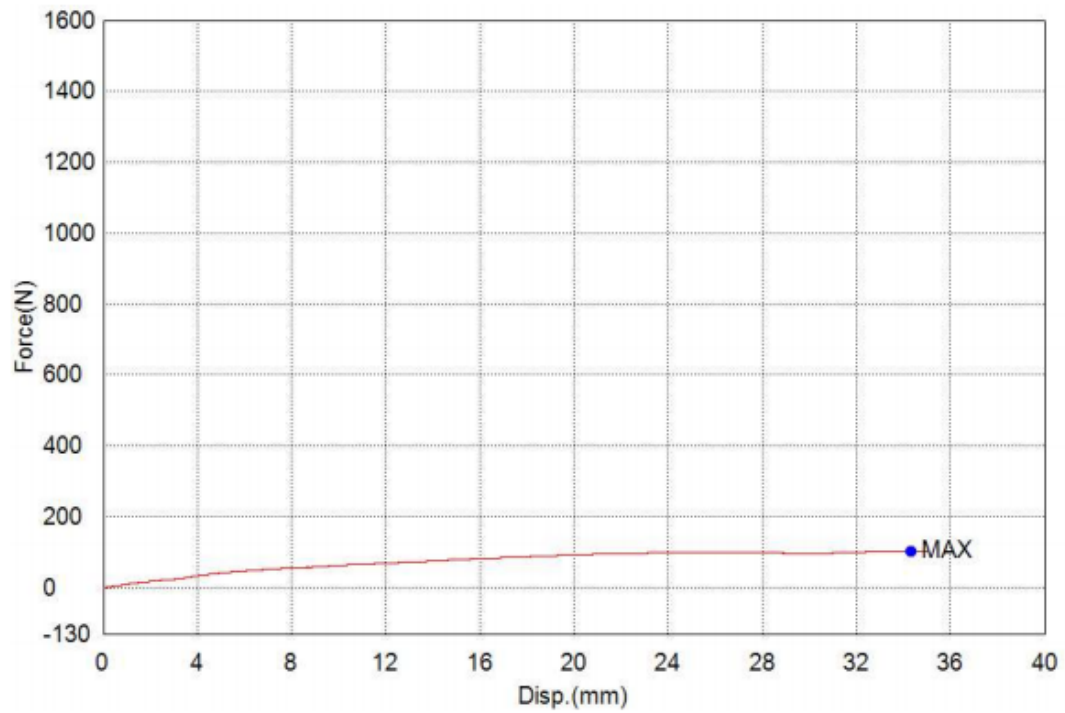
Comment

[X- PVAC]

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	102,822	1,67574	34,3324	51,4987

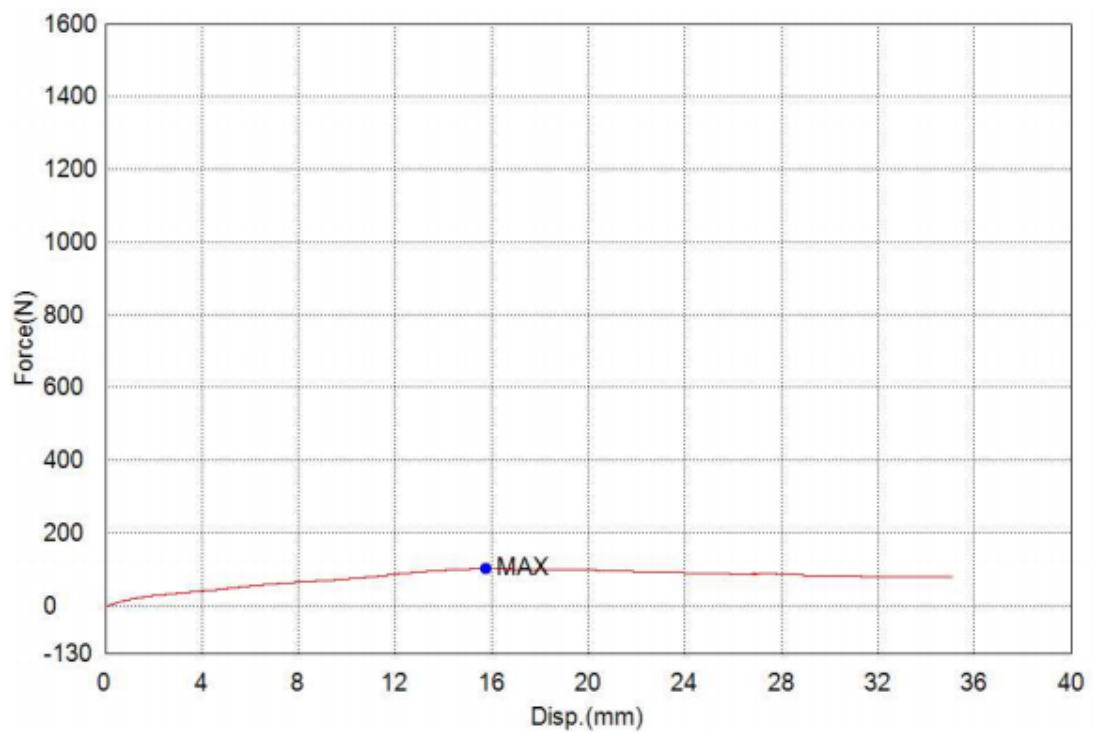


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	102,139	1,66460	15,7605	23,6407

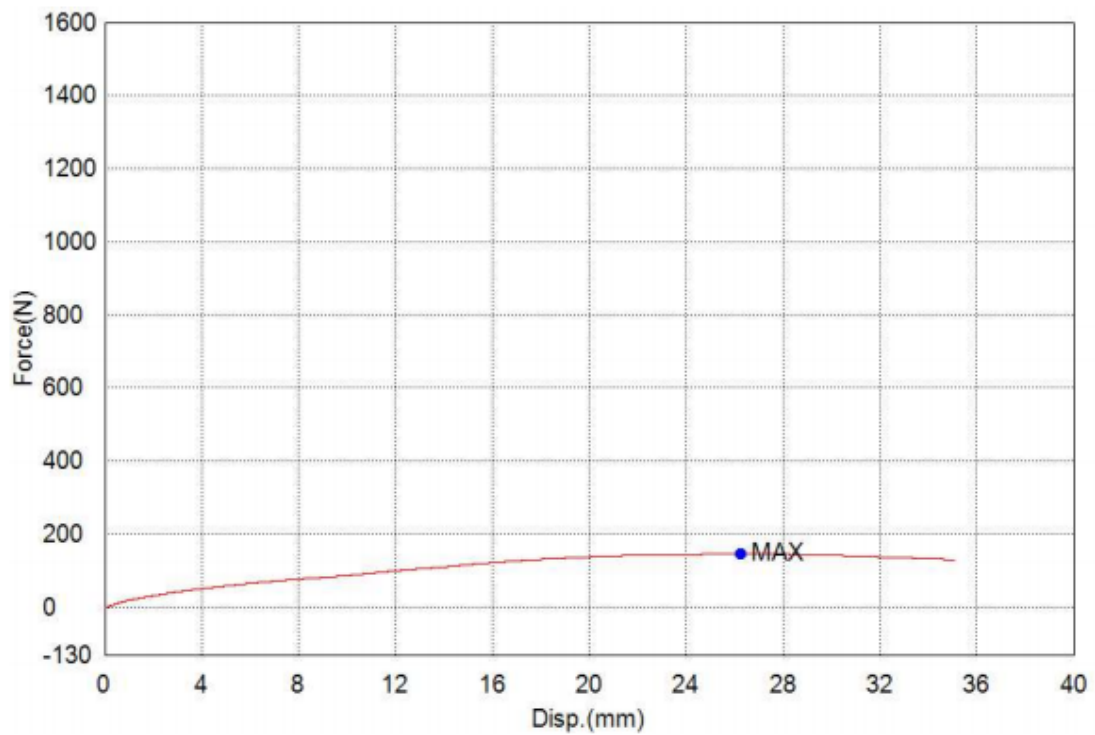


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	146,198	2,38266	26,2357	39,3535

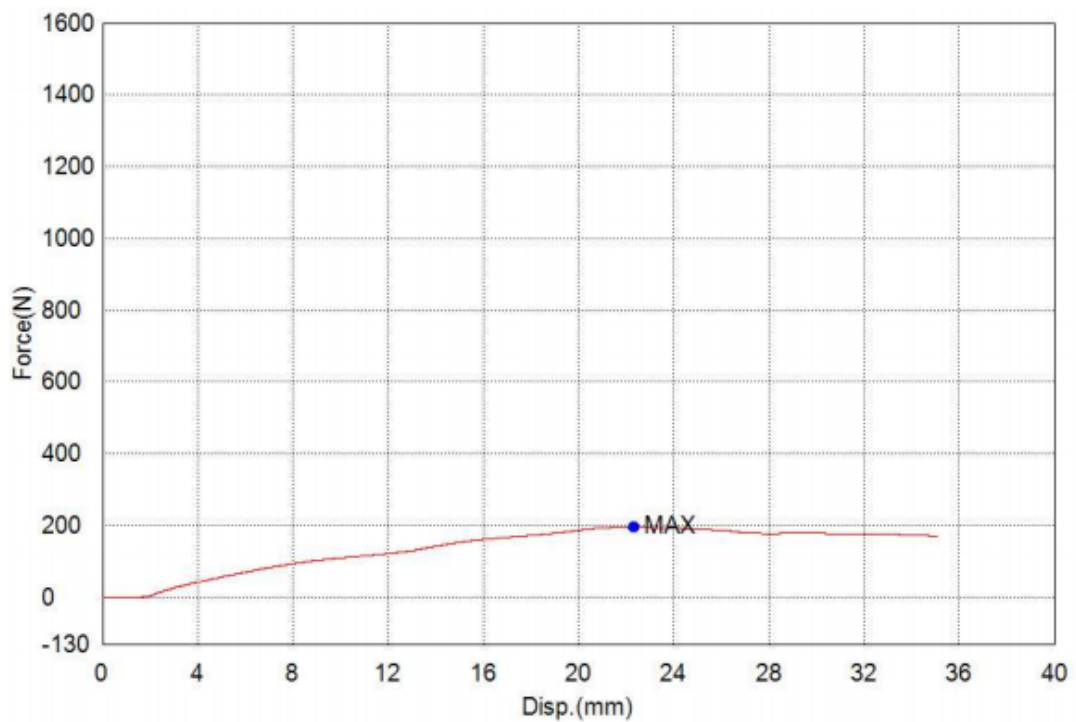


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	195,662	3,18880	22,3116	33,4674

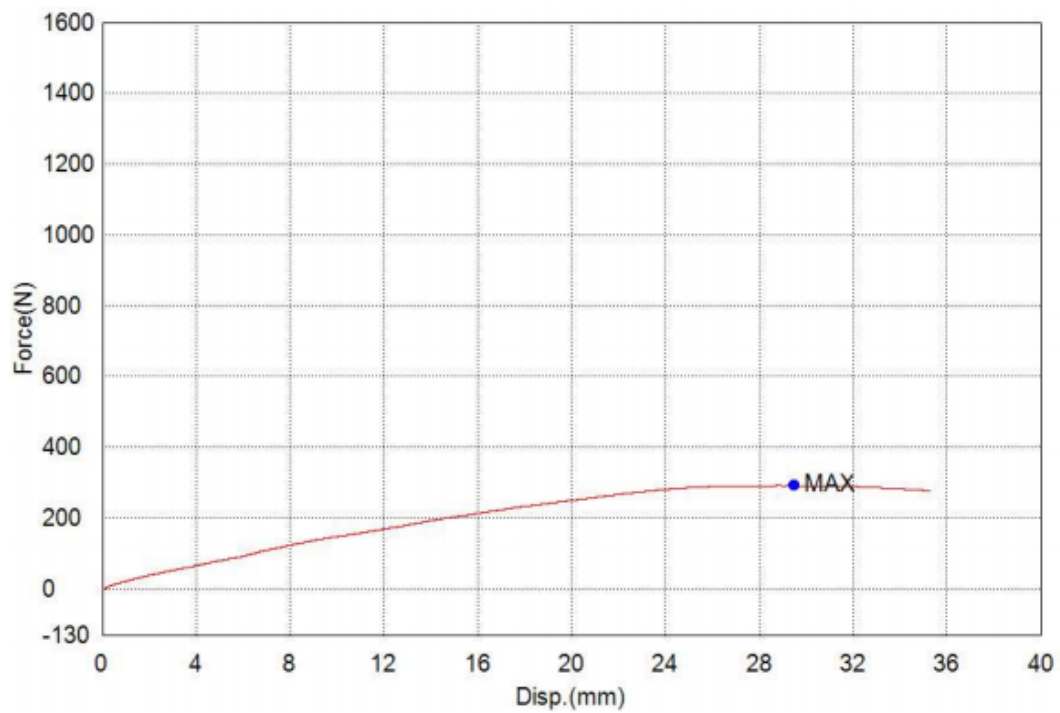


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	291,713	4,75418	29,4700	44,2050

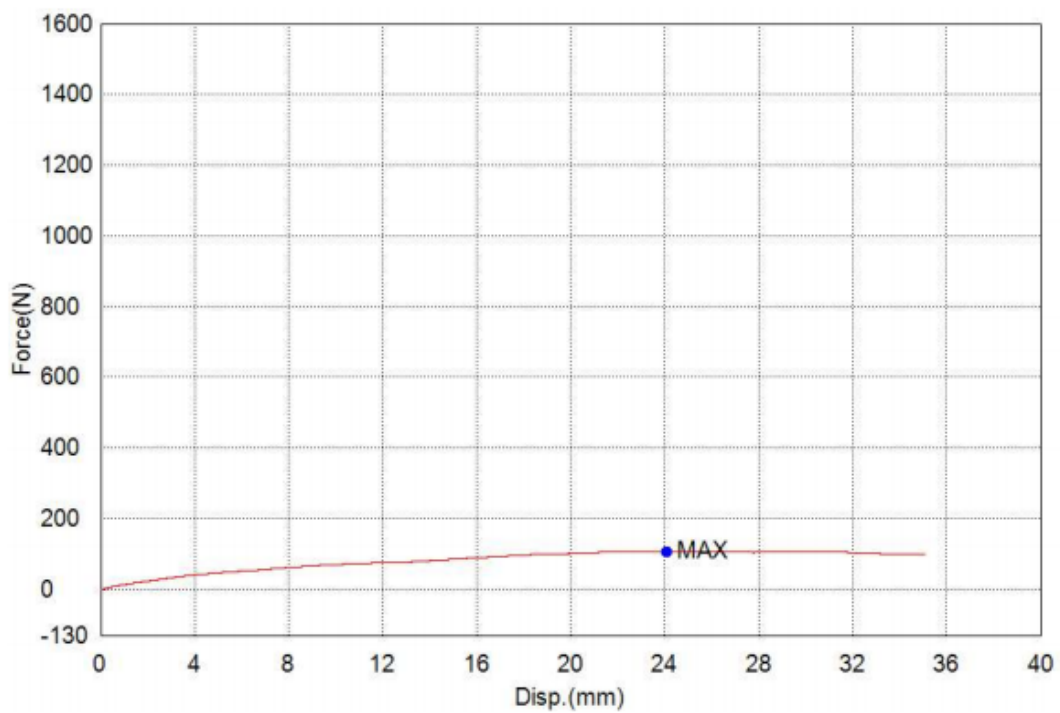


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	106,510	1,73584	24,1100	36,1650

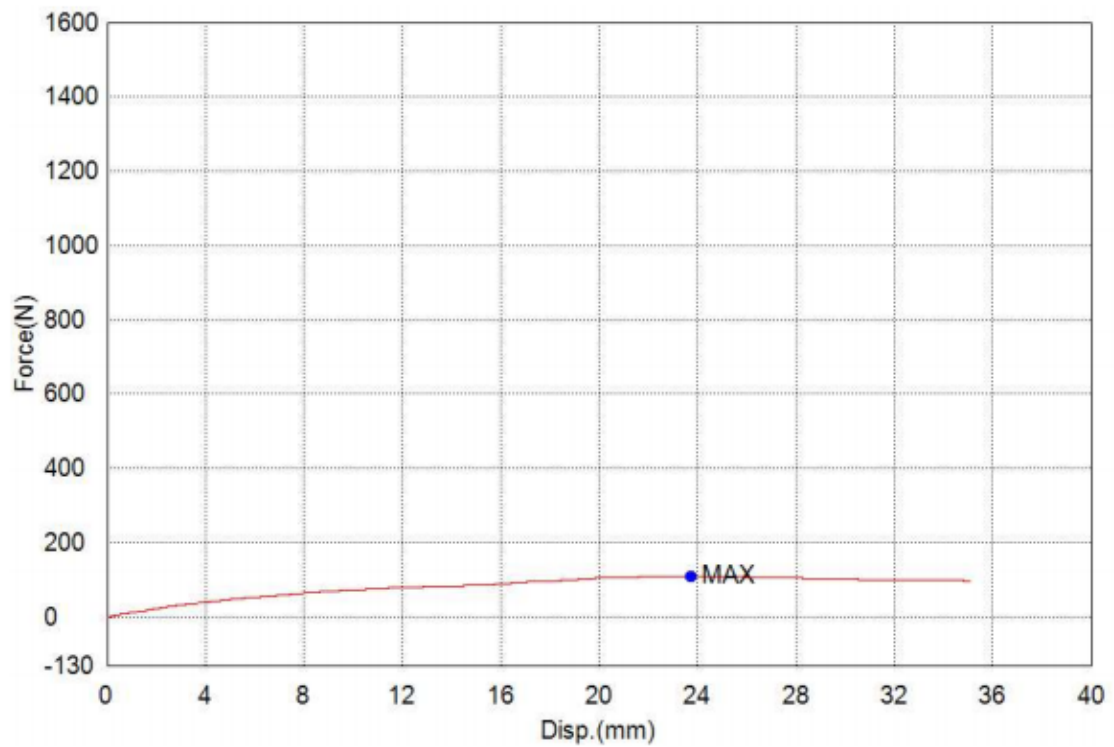


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	109,371	1,78246	23,7500	35,6250

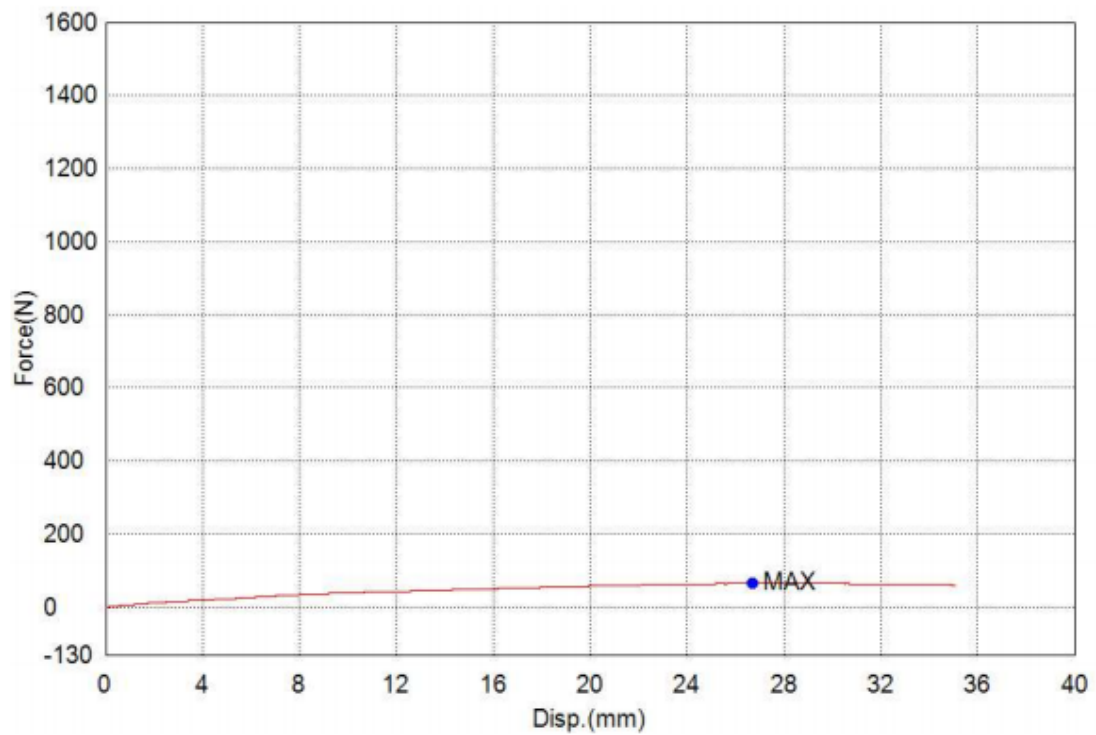


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max Force	Max Stress	Max Stroke	Max Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	64,8817	1,05741	26,6973	40,0459

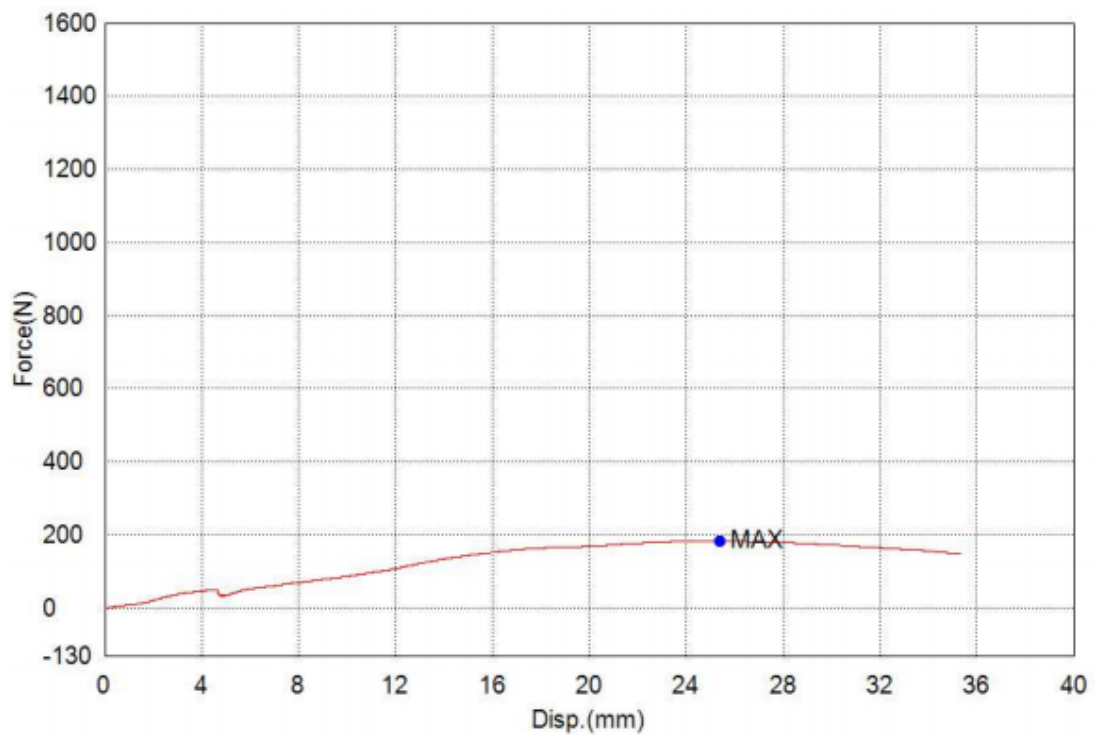


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	182,915	2,98105	25,4149	38,1223

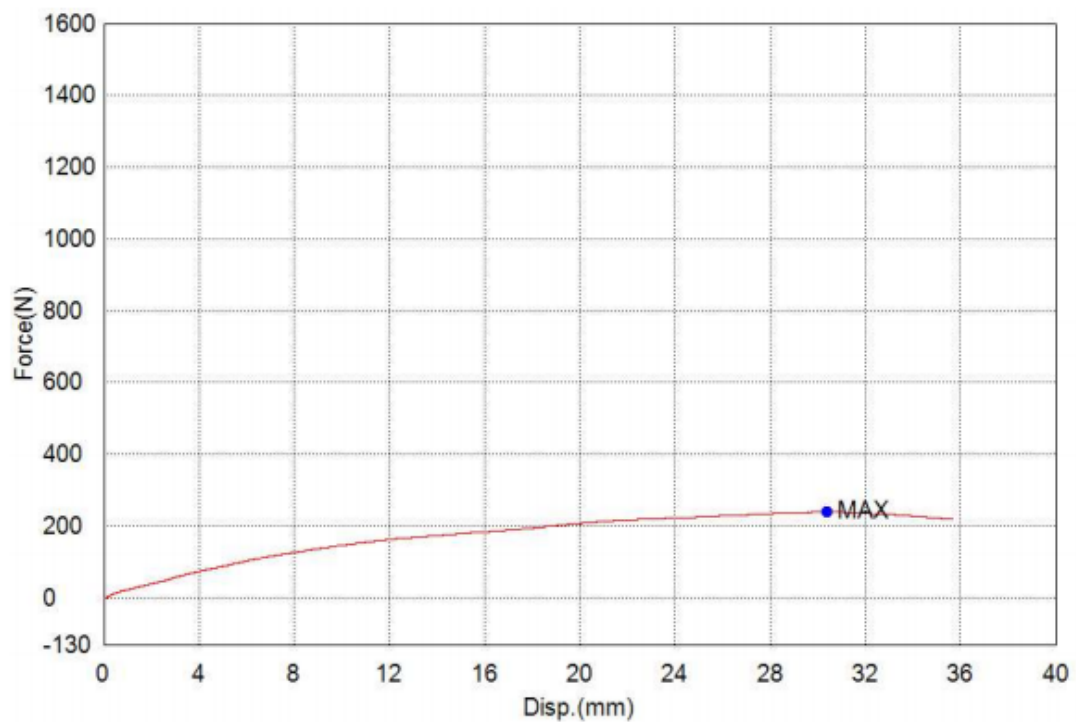


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	
Report Date	12/7/2021	Test Date	12/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max Force	Max Stress	Max Stroke	Max Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	238,450	3,88614	30,3973	45,5959



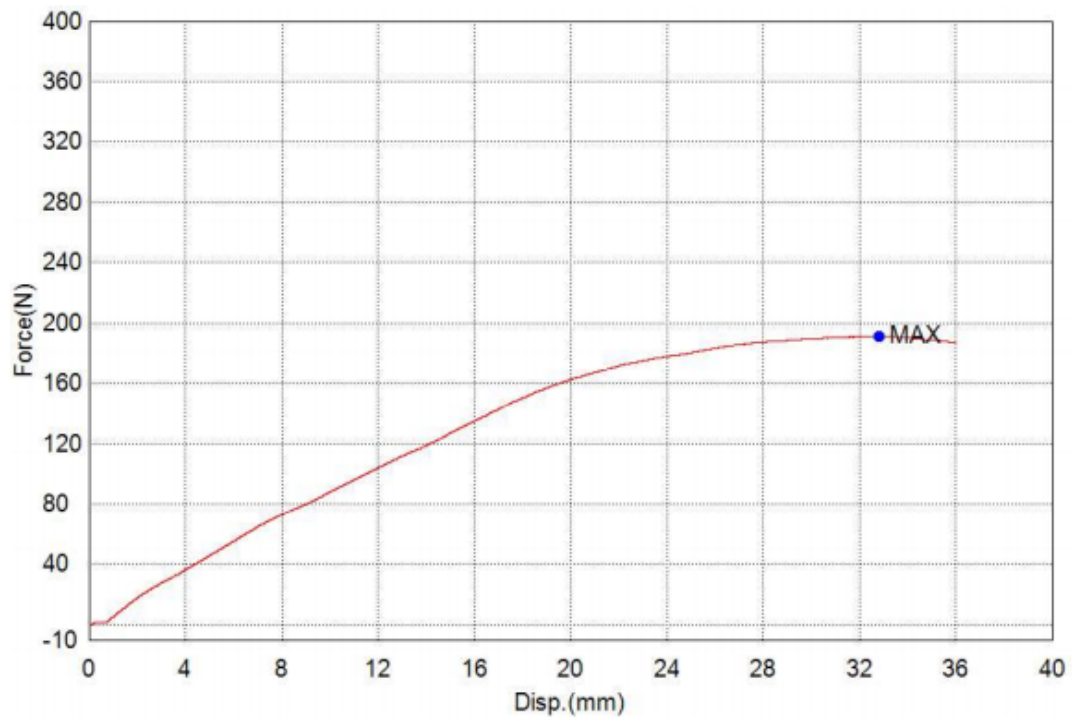
Comment

[μ- PVAC]

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	191,085	3,11419	32,8340	49,2510

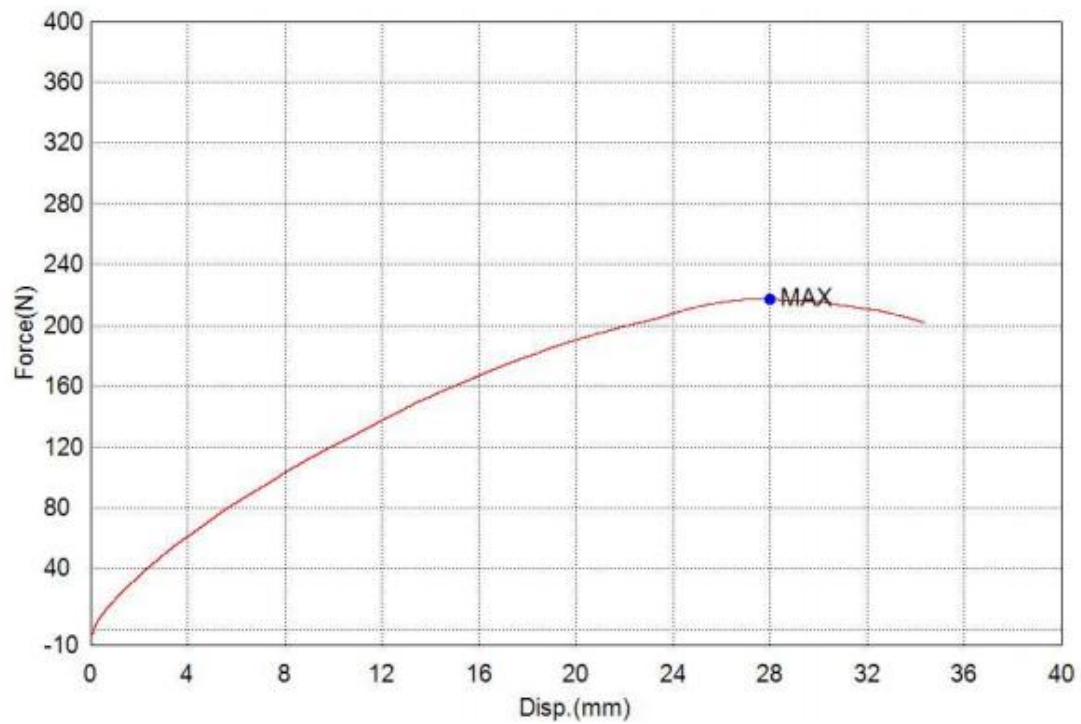


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max Stress	Max Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	217,597	3,54628	28,0220	42,0330

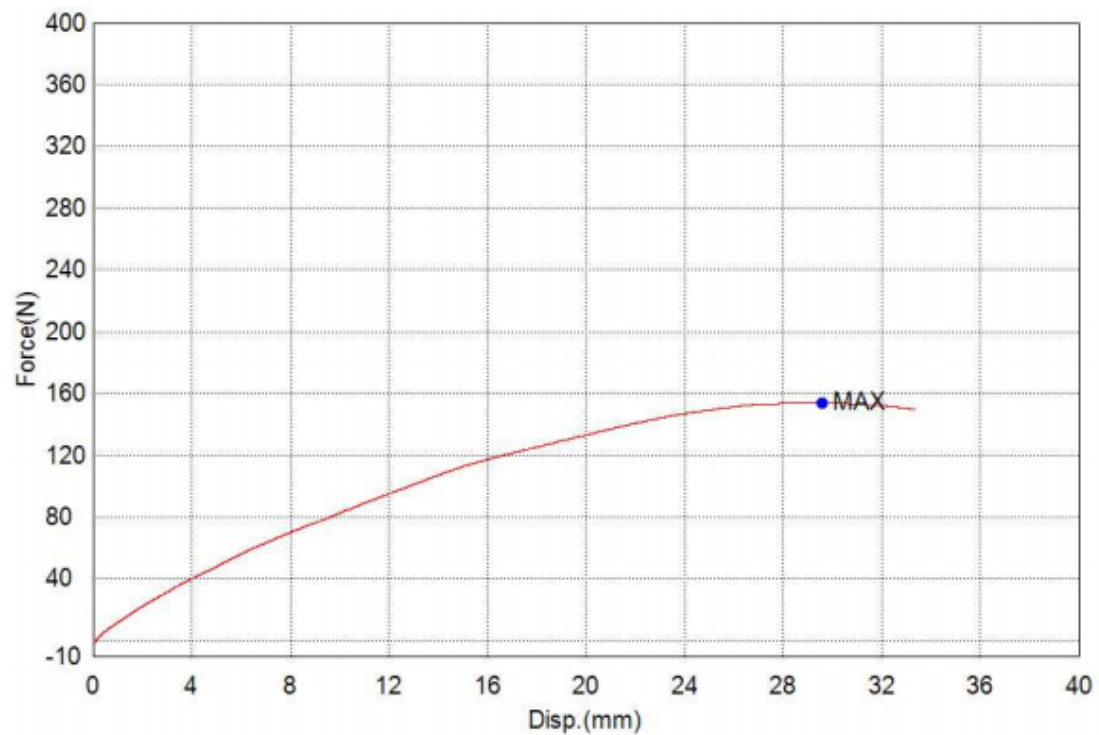


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	154,034	2,51037	29,5996	44,3994

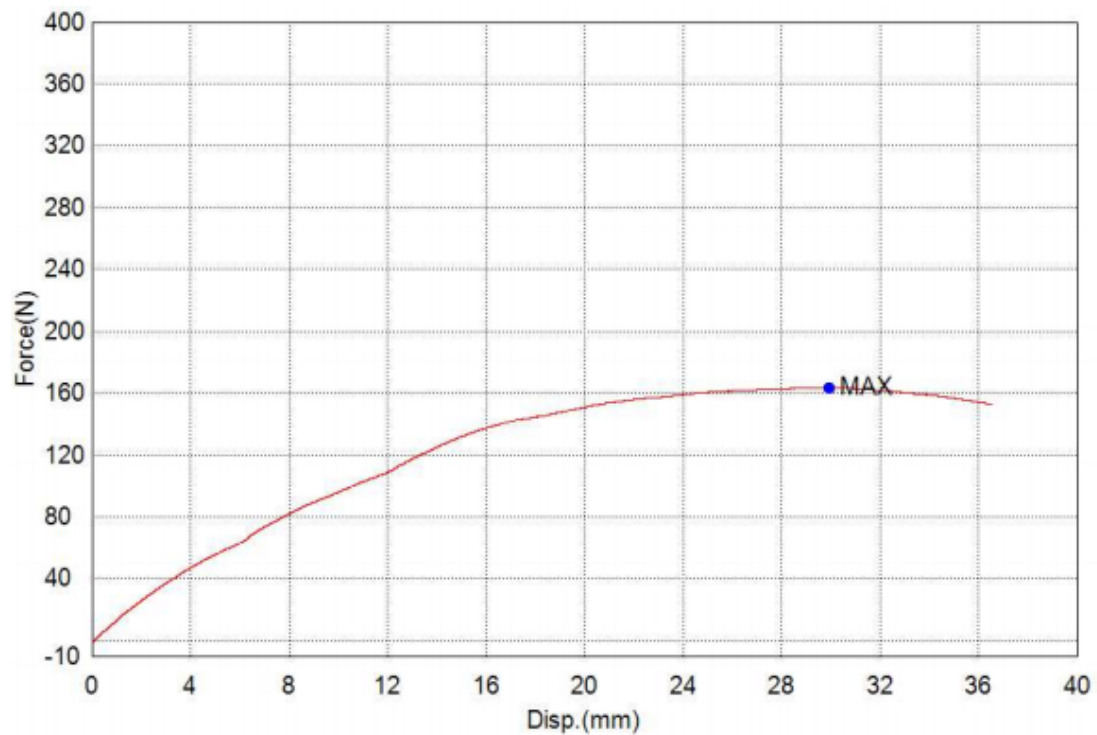


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	163,508	2,66476	29,9340	44,9010

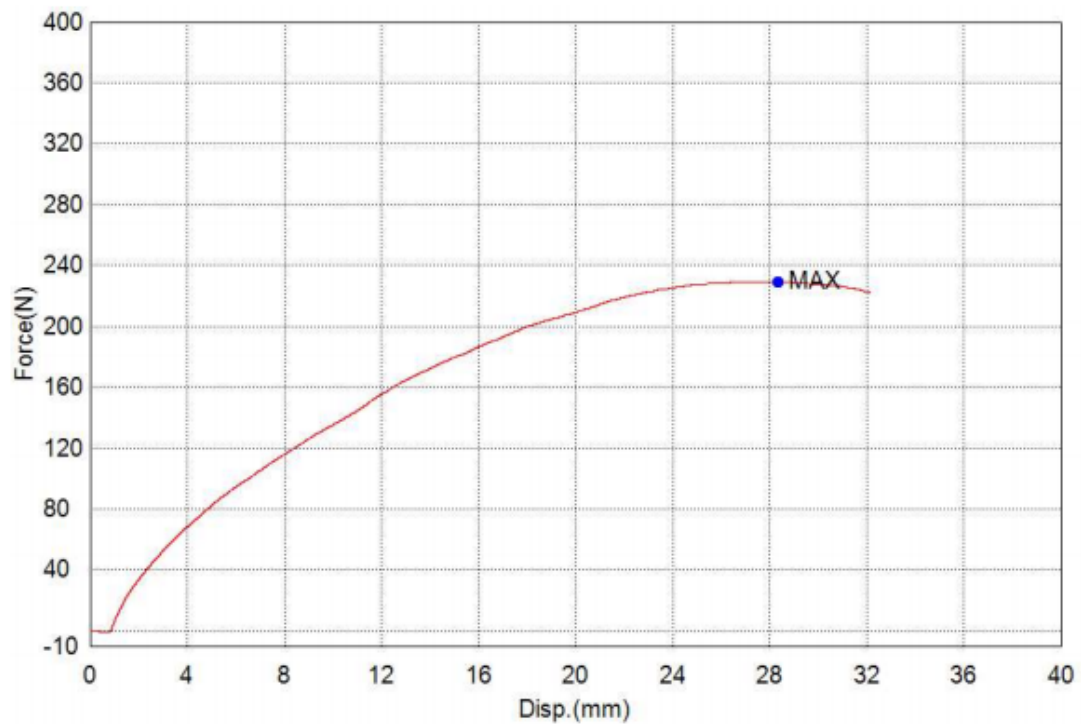


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	229,486	3,74004	28,3532	42,5298

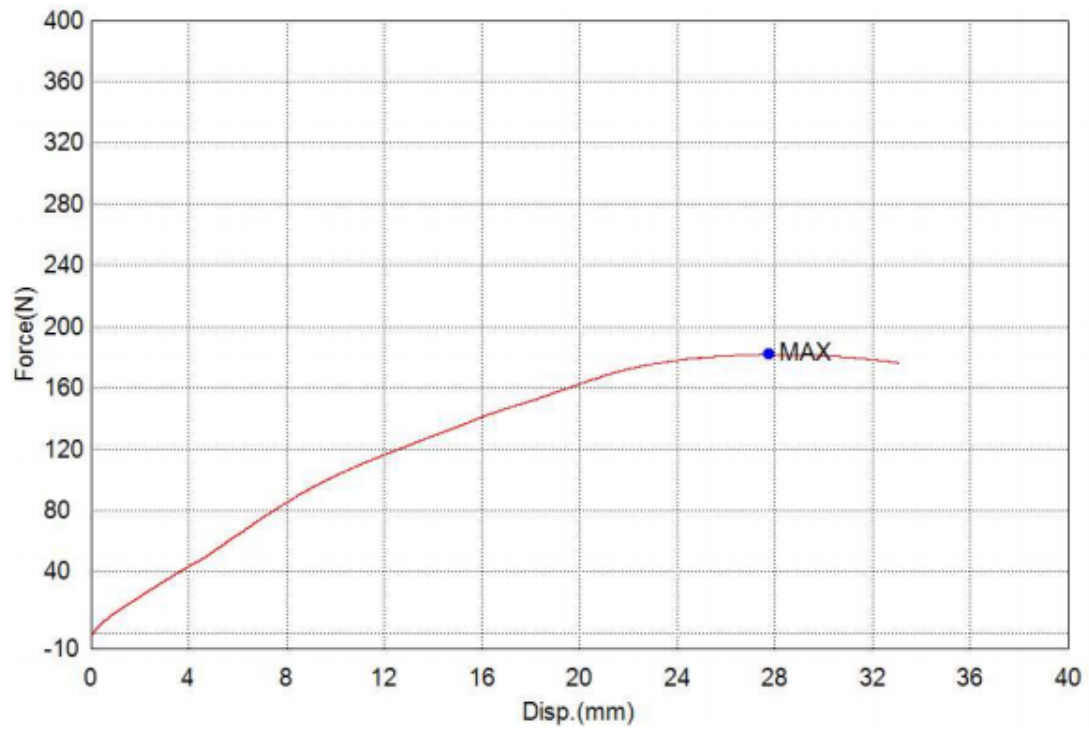


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	182,088	2,96758	27,7692	41,6538

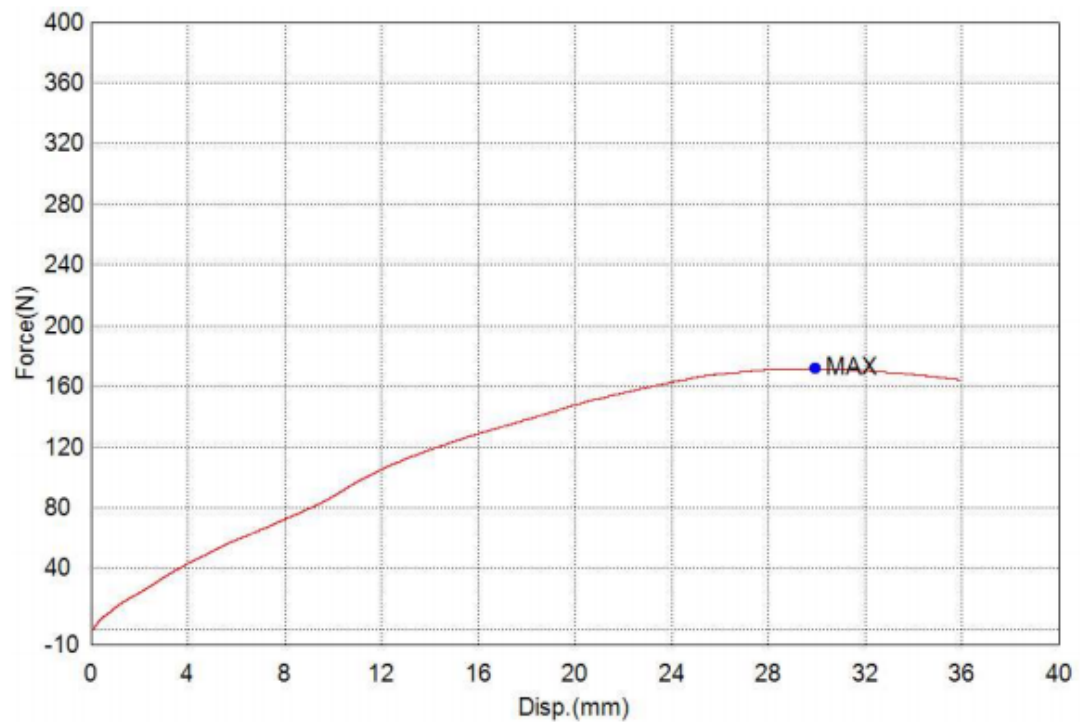


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	171,630	2,79713	29,9612	44,9418

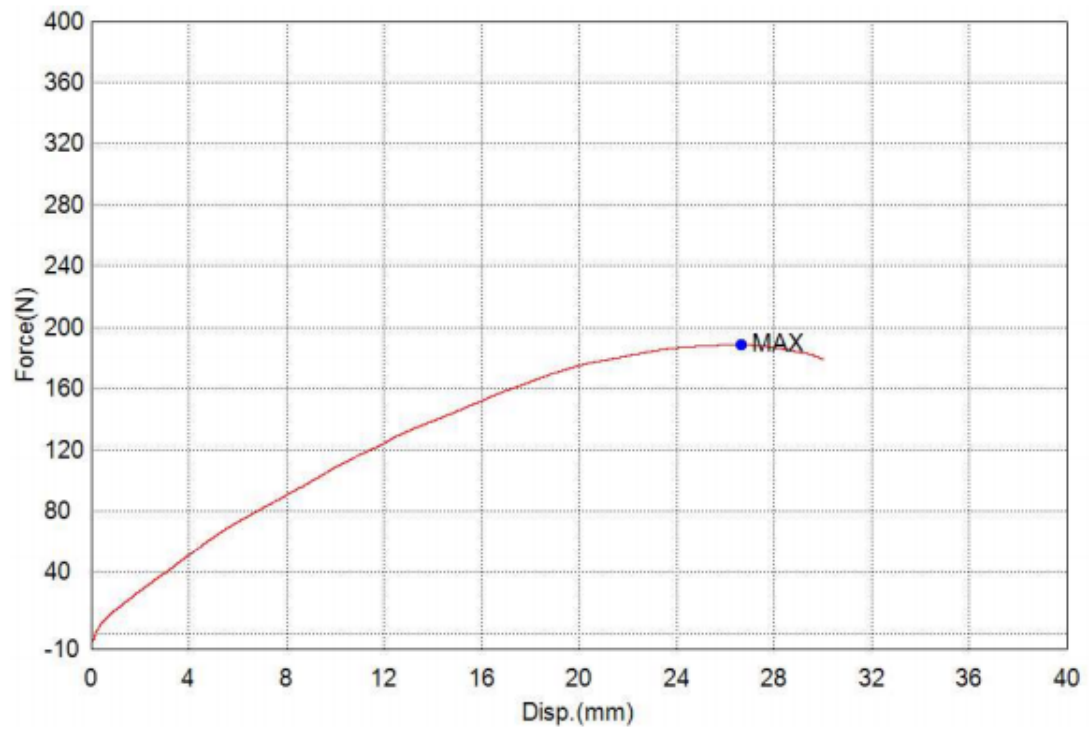


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	188,541	3,07275	26,6740	40,0110

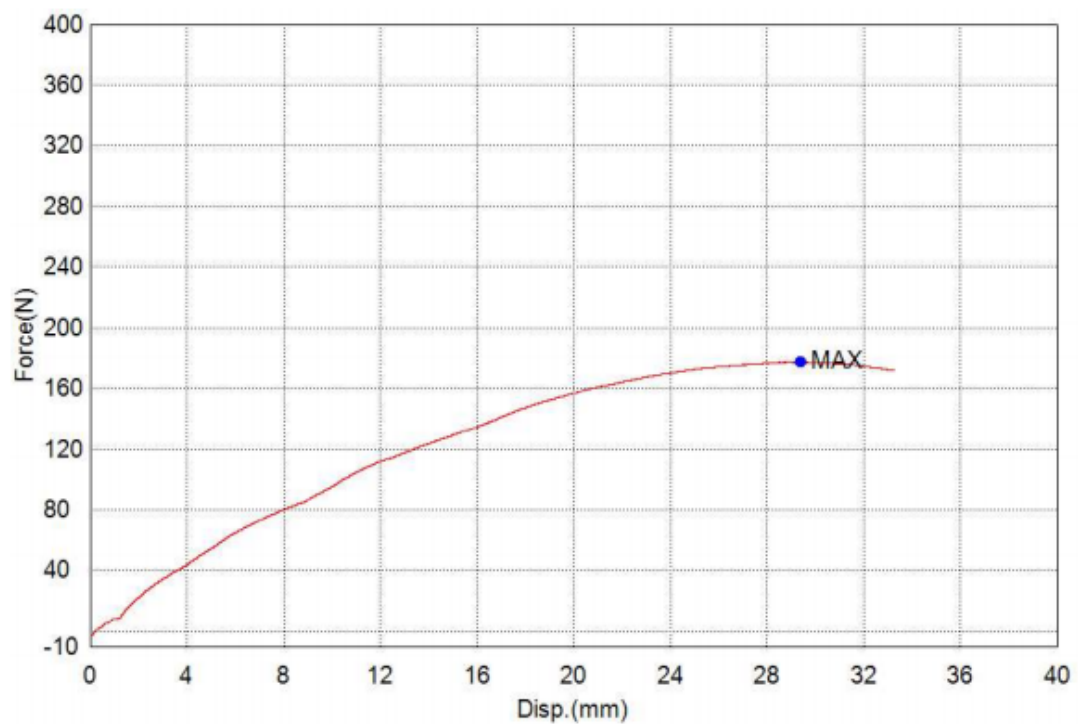


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	177,304	2,88961	29,3876	44,0814

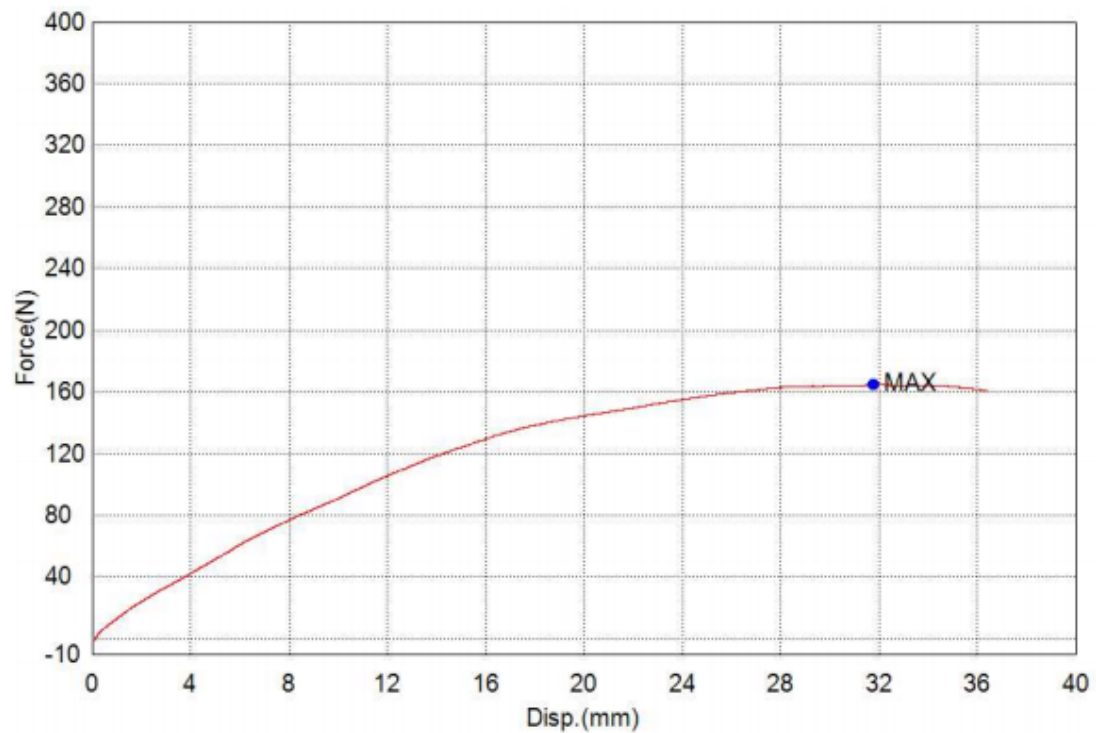


Comment

Title

Key Word		Product Name	
Test File Name		Method File Name	niki_bend_m.xmak
Report Date	13/7/2021	Test Date	13/7/2021
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend
Speed	0,08mm/sec	Shape	Rod
No of Batches:	1	Qty/Batch:	1

Name	Max Force	Max Stress	Max Stroke	Max Stroke Strain
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	%
1_1	164,716	2,68444	31,7988	47,6982



Comment

Βιβλιογραφία

Δημοσιεύσεις

1. Bordbar, Maryam. 2017. "Biosynthesis of Ag/Almond Shell Nanocomposite as a Cost-Effective and Efficient Catalyst for Degradation of 4-Nitrophenol and Organic Dyes.
2. Ebringerová, A., Hromádková, Z., Zuzana, K., Sasinková, V. Chemical valorization of agricultural by-products: Isolation and characterization of xylan-based antioxidants from almond shell biomass. *Bioresources* 2007, 3, 60–70
3. *Foam Material Full-Scale Air and Underwater-Blast Loading of Composite Sandwich Panels*. 2018.
4. Gibson, L J. *Modelling the Mechanical Behavior of Cellular Materials*, 1988.
5. Gupta, Nikhil, C S Karthikeyan, and S Sankaran. 1999. 43 MATERIALS CHARACTERIZATION C *Correlation of Processing Methodology to the Physical and Mechanical Properties of Syntactic Foams With and Without Fibers*.
6. Johnson, K W, P M Langdon, and M F Ashby. 2002. *Grouping Materials and Processes for the Designer: An Application of Cluster Analysis*.
7. Karana, Elvin et al. 2015. 9 *International Journal of Design Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences*. www.ijdesign.org.
8. Kottaridou, Anna. 2019. *Design out Waste Methodology for Circular Economy. Crafting Social Innovation View Project*. <https://www.researchgate.net/publication/336775475>.
9. Lashgari, A., Eshghi, A., Farsi, M. A study on some properties of polypropylene based nanocomposites made using almond shell flour and organoclay. *Asian J. Chem.* 2013.
10. Xinyuan, J., Yuanyuan, L., Zhong, G.; An, M., Zecai, H., Suwen, Y. Pyrolysis characteristics and correlation analysis with the major components of seven kinds of nutshell. *Scientia Silvae Sinicae* 2015, 51.
11. Li, Xuemin, Yinan Liu, Jianxiu Hao, and Weihong Wang. 2018. "Study of Almond Shell Characteristics." *Materials* 11(9).
12. María, Ana, and Manríquez Altamirano. 2020. *Agro-Urban Solid Waste from Rooftop Greenhouses in the Framework of the Circular Economy: Eco-Design Strategies for Its Use*.
13. Politecnico, Valentina Rognoli, Di Milano, and Elvin Karana. 2017. *Five Kingdoms of DIY-Materials for Design*. <https://www.researchgate.net/publication/318787525>.
14. Queirós, Carla S.G.P. et al. 2020. "Characterization of Walnut, Almond, and Pine Nut Shells Regarding Chemical Composition and Extract Composition." *Biomass Conversion and Biorefinery* 10(1): 175–88.

15. Sendeckyj, George P. 1991. "Life Prediction for Resin-Matrix Composite Materials." In *Composite Materials Series*, Elsevier.
16. Παππά, Ιφ. Διερεύνηση βιολογικών σύνθετων υλικών με διαφορετικά αισθητικά χαρακτηριστικά για τη δημιουργία υλικών εμπειριών, 2020.
17. Κατσοκογιάννη, Β. Ανάπτυξη νέου υλικού αξιοποιώντας φύρα σιτηρών αγροτικής καλλιέργειας με γνώμονα την έννοια της αιφορίας και προτεινόμενο πεδίο εφαρμογής του υλικού τη συσκευασία ξηρών τροφίμων χύδην πώλησης, 2018.

Διαδικτυακές Πηγές

1. <http://votaniki.gr/orologia/drypi/>
2. <https://www.haniotika-nea.gr/xerete-pia-ine-ta-frouta-tou-fthinoporou/>
3. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
4. <http://www.minagric.gr/index.php/el/>
5. https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1724/1/02_chapter_04.pdf
6. Wood Chemistry-Wood Extracts. Available online:
[https://wenku.baidu.com/view/ee830fe9524de518964b7d61.](https://wenku.baidu.com/view/ee830fe9524de518964b7d61)
7. <https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS442>
8. <https://docplayer.gr/40544065-Kokkometriki-diavathmisi-adranon>
9. <https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/33308>
10. <https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php>
11. <https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CHEMENG114/Cement%20and%20Concrete>
12. (<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>)
13. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/food-cities-the-circular-economy>
14. (<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>)